

LE CAOUTCHOUC

ET

LA GUTTA-PERCHA

LE CAOUTCHOUC

ET

LA GUTTA-PERCHA

LE

CAOUTCHOUC

ET LA

GUTTA-PERCHA

PAR

TH. SEELIGMANN
Chimiste-Industriel

ET

G. LAMY-TORRILHON
Fabricant de Caoutchouc

H. FALCONNET
Ingénieur des Arts et Manufactures

Historique — Études botaniques, physiques chimiques et mécaniques
Variétés et classement des espèces commerciales — Succédanés
Méthodes d'analyse — Statistiques — Bibliographie

---

86 FIGURES DANS LE TEXTE, 2 CARTES ET 1 GRAPHIQUE

PARIS
LIBRAIRIE INDUSTRIELLE
J. FRITSCH, ÉDITEUR
30, RUE DU DRAGON, 30

1896

PRÉFACE

Si le lecteur veut bien jeter un rapide coup d'œil sur le résumé bibliographique qui termine ce livre, il reconnaîtra bien vite que la littérature spéciale afférente au caoutchouc et à la gutta-percha est considérable aussi bien à l'étranger qu'en notre pays, quoiqu'il se soit écoulé un temps relativement court depuis la découverte de ces matières premières et de leurs applications industrielles.

Si donc nous entreprenons aujourd'hui de présenter au public un nouveau volume traitant du même sujet, ce n'est pas pour le vain plaisir d'ajouter une unité de plus au nombre déjà considérable d'ouvrages et de mémoires publiés tant sur la gomme élastique que sur la gomme plastique. Notre ambition est plus grande, notre but moins futile. Nous l'avouons : presque toutes les publications parues ont le grand mérite d'avoir été excellemment traitées au point de vue spécial auquel les divers auteurs se sont placés ; mais considérées dans leur ensemble, elles manquent presque toujours de cette cohésion et de cette unité de vue que le lecteur cherche dans un ouvrage de ce genre : la coordination y est insuffisante et, cependant, elle est indispensable pour le chercheur désireux d'embrasser d'un seul coup d'œil les résultats acquis à un moment et sur un sujet donnés. La plupart des ouvrages qui, à notre connaissance, possèdent cette méthode dans leur rédaction, contiennent des renseignements le plus souvent surannés et ne répondent plus aux besoins actuels. Comme les hommes, les livres vieillissent vite de nos jours, et à peine un ouvrage est-il écrit que déjà il serait nécessaire de le modifier, de le compléter.

Mettant largement à contribution les éléments si abondants de la littérature spéciale, nous aidant également de notre propre ex-

PRÉFACE

Si le lecteur veut bien jeter un rapide coup d'œil sur le résumé bibliographique qui termine ce livre, il reconnaîtra bien vite que la littérature spéciale afférente au caoutchouc et à la gutta-percha est considérable aussi bien à l'étranger qu'en notre pays, quoiqu'il se soit écoulé un temps relativement court depuis la découverte de ces matières premières et de leurs applications industrielles.

Si donc nous entreprenons aujourd'hui de présenter au public un nouveau volume traitant du même sujet, ce n'est pas pour le vain plaisir d'ajouter une unité de plus au nombre déjà considérable d'ouvrages et de mémoires publiés tant sur la gomme élastique que sur la gomme plastique. Notre ambition est plus grande, notre but moins futile. Nous l'avouons : presque toutes les publications parues ont le grand mérite d'avoir été excellemment traitées au point de vue spécial auquel les divers auteurs se sont placés ; mais considérées dans leur ensemble, elles manquent presque toujours de cette cohésion et de cette unité de vue que le lecteur cherche dans un ouvrage de ce genre : la coordination y est insuffisante et, cependant, elle est indispensable pour le chercheur désireux d'embrasser d'un seul coup d'œil les résultats acquis à un moment et sur un sujet donnés. La plupart des ouvrages qui, à notre connaissance, possèdent cette méthode dans leur rédaction, contiennent des renseignements le plus souvent surannés et ne répondent plus aux besoins actuels. Comme les hommes, les livres vieillissent vite de nos jours, et à peine un ouvrage est-il écrit que déjà il serait nécessaire de le modifier, de le compléter.

Mettant largement à contribution les éléments si abondants de la littérature spéciale, nous aidant également de notre propre ex-

périence, nous nous sommes efforcés de donner corps à notre idée, de fondre en un tout harmonieux les éléments précieux, mais épars dans un nombre infini de publications, d'en tirer la quintessence et d'en faire ainsi le résumé exact répondant aux besoins de l'époque actuelle.

C'est ainsi que nous avons tour à tour classé méthodiquement les végétaux producteurs de la matière première, les espèces commerciales les plus fréquemment présentées sur le marché international, avec les signes caractéristiques de leur individualité et que nous avons pu leur assigner un habitat certain sur chacune des parties du globe.

C'est aussi grâce à ces éléments qu'il nous a été permis de traiter avec quelque compétence de la culture rationnelle et de l'acclimatation des essences gummifères et guttifères, et de nous livrer à une étude critique sur les méthodes employées tant pour la récolte du latex que pour l'extraction des gommes respectives, et de recommander par suite la méthode qui nous paraît la plus avantageuse pour telle ou telle espèce.

Après avoir étudié les propriétés physiques et chimiques du latex et des gommes à l'état naturel, ainsi que les transformations mécaniques nécessaires pour donner à la matière brute les qualités que lui demande l'industrie ; cette étude nous a conduits à examiner le phénomène si singulier et si intéressant de la vulcanisation du caoutchouc, et nous avons cherché à définir cette transformation d'une manière aussi intelligible que possible. Notre théorie pourra être critiquée ; mais de la contradiction jaillit la lumière, et nous serions heureux si, en provoquant la discussion, nous avions pu contribuer à jeter quelque clareté sur une question si obscure encore. Nous avons étudié ensuite les propriétés physiques et chimiques du caoutchouc une fois transformé dans son essence même par la vulcanisation pour, ensuite, nous préoccuper de la régénération des déchets, et finalement nous arrêter un moment sur le terme extrême de la vulcanisation, c'est-à-dire la préparation du durci ou l'ébonite.

Nous avons coordonné toutes les données à notre disposition sur le mode d'analyse des gommes et examiné les procédés d'essai industriels proposés par plusieurs savants technologistes ; puis nous avons été amenés à nous occuper des succédanés *et* factices *susceptibles de remplacer en une certaine mesure la matière première, soit qu'il s'agisse de corriger certains défauts de cette dernière, soit que l'on se propose d'en atténuer les prix trop élevés.*

Pour terminer la partie relative au caoutchouc, nous avons essayé de présenter en quelques tableaux d'ensemble le résumé de l'importance des transactions commerciales dont cette matière est l'objet sur son marché principal et nous avons tracé en un graphique unique le mouvement des prix moyens du caoutchouc type, régulateur des prix, c'est-à-dire du Para prima comparativement aux Negro-heads de Para, pendant une période assez étendue (du 1er janvier 1861 au 31 septembre 1894).

Pour la gutta-percha, nous avons suivi la même méthode d'étude, non sans nous rendre compte des difficultés que présente pareille entreprise. Les origines botaniques de la gomme plastique, de même que les variétés commerciales, présentent, pour qui veut s'y reconnaître d'une manière nette et précise, un véritable dédale : s'engager dans ce labyrinthe, c'est risquer de s'y égarer. Si, grâce aux travaux plus récents les ténèbres tendent à disparaître, lumière complète est loin d'être faite néanmoins, et nous serions heureux si, pour notre part, nous avions contribué à faire avancer de quelque peu cette question si difficile et si complexe.

Quoiqu'il en soit, nous n'oublions pas que notre œuvre est, en grande partie, la résultante des travaux de nos devanciers. Nous nous sommes, en effet, souvent bornés à coordonner les fruits de leurs savantes et patientes recherches ; nous n'avons pas toujours et en tous endroits cité les sources dont nous avons tiré nos documents, afin de ne pas entraver la marche de notre travail. Nous prions les spécialistes qui ont bien voulu nous apporter leur concours souvent si précieux, de recevoir ici le légitime hommage de notre très vive reconnaissance.

Si le lecteur tire de notre ouvrage des renseignements qui l'intéressent, nous serons amplement récompensés de nos efforts et de nos peines, car notre devise est et sera toujours.

ÊTRE UTILES

Paris 30 octobre 1895.

INTRODUCTION HISTORIQUE

—

Nous n'avons pas l'intention de relater dans tous ses détails les phases successives de la découverte des propriétés industrielles de cette gomme singulière qui s'appelle *Caoutchouc*. D'autres l'ont fait avant nous, et de main de maître, et il serait téméraire de prétendre faire mieux. Mais ne pas les mentionner du tout, quelque rapidement que nous le fassions, serait nous priver du plaisir de rendre hommage à la puissance d'observation et au génie inventif des savants et des industriels de notre siècle.

La nature a mis entre leurs mains une matière qui dès l'abord semble ne devoir présenter qu'un intérêt bien secondaire au point de vue de la technologie : ses propriétés naturelles sont telles qu'il semble que les services qu'on puisse lui demander devront être plus que limités. Aujourd'hui, après trois quarts de siècle d'efforts, grâce à la science et à la persévérance des chercheurs, cette matière met en mouvement des millions de bras et de capitaux. Déjà en 1868 *Turgan* dans son livre sur les *Grandes Usines de France* a pu dire : *le Caoutchouc est entré aujourd'hui aussi bien dans l'industrie que dans la vie de chaque jour, si bien que sa suppression brusque causerait une perturbation notable dans un grand nombre de circonstances : il intervient sous toutes espèces de formes et de volumes dans l'outillage de la civilisation depuis le tampon du chemin de fer jusqu'à l'obturateur du chassepot*. Il pourrait aujourd'hui faire ressortir bien davantage encore toute l'importance de cette matière dont la fabrication en France a plus que quadruplé depuis cette époque.

C'est Gonzalo Fernandès d'Ovièdo y V ldas qui mentionne le premier dans son *Histoire générale des Indes* (Madrid, 1536. L. V, C. II, p. 165) « le jeu de *Batey* des indiens, « qui est le même que celui de la balle, quoiqu'il se joue « d'une façon différente et que la paume soit d'une ma- « tière autre que celle dont se servent les chrétiens. »

Le père Charlevoix, de la Compagnie de Jésus, décrit le *Batos*, une espèce de balle d'une matière solide, mais extrêmement *poreuse et légère. Elle saute plus haut que nos ballons, tombe sur le sol et rebondit beaucoup plus haut que le point où la main l'a quittée ; elle retombe ensuite et s'élève de nouveau quoique moins haut cette fois et la hauteur des bonds diminue graduellement.* Antonio de Herrera Tordesillas (né à Cuellar en 1549, mort à Madrid en 1615), complète ces renseignements dans son *Histoire générale des voyages et conquêtes des Castillans* dans les îles et terre ferme des Indes Orientales, et prononce pour la première fois en parlant de la balle dont se servent les indiens de Hispanola, le nom de *gomme*. Le même auteur, en parlant de la conquête du Mexique, cite comme une des particularités de Cumana, certains arbres qui, piqués, rendent du Lait, qui se convertit en gomme blanche et a bonne odeur.

Jean de Torquemada, dans son ouvrage de la *Monarquia indiana* (Madrid, 1615), mentionne l'usage des balles élastiques et appelle l'arbre qui en fournit la matière *Ulaquahuil* ou *arbre d'Ule*, nom dont se servent encore aujourd'hui les indigènes pour désigner le Castilloa markhamiana et le C. elastica. Les nouveaux conquérants de leur côté se servaient de cette matière pour en enduire leurs manteaux de chanvre et se préserver ainsi de la pluie : l'eau ne pouvait les traverser, mais la chaleur des rayons solaires les altérait profondément.

Entre temps, quelques rares échantillons du produit *élastique* étaient parvenus en Europe pour orner les cabinets de curiosités de l'époque. L'once en valait une guinée.

C'est à deux Français, le savant Lacondamine et l'ingénieur Fresneau que revient l'honneur d'avoir fait connaître très exactement le nouveau produit ainsi que sa véritable provenance.

Pour résoudre la question si controversée de la forme exacte de la terre et son aplatissement aux pôles, l'Académie de Paris organisa dès 1731 deux expéditions, dont l'une, sous la direction de Lacondamine et de Bouguer, se dirigea vers l'équateur. Lacondamine, qui, non seulement était un savant mathématicien, mais encore un naturaliste éminent, étudia la flore et la faune du Pérou et du Brésil ainsi que les produits naturels de ces pays.

En 1736, peu de temps après son arrivée à Quito, Lacondamine adressa à l'Académie quelques rouleaux d'une masse noirâtre et résineuse connue sous le nom de *caoutchouc*. Il accompagna son envoi d'un mémoire où il est dit ceci :

« Il croit dans les forêts de la province d'Esmeraldas, un

« arbre appelé par les naturels du pays *Hévé* ; il en dé-
« coule par la seule incision, une liqueur blanche comme
« du lait, qui durcit et noircit peu à peu à l'air : les habi-
« tants en font des flambeaux qui brûlent très bien sans
« mèches et donnent une clarté assez belle..... Dans la pro-
« vince de Quito, on enduit des toiles de cette résine, et on
« s'en sert aux mêmes ouvrages pour lesquels nous em-
« ployons la toile cirée...

« Le même arbre croît aussi le long des bords de la ri-
« vière des Amazones et les Indiens Maïnas nomment la
« résine qu'ils en tirent, *cahuchu* (prononcez caoutchouc).
« Ils en font des bottes qui ne prennent pas l'eau, et qui,
« lorsqu'elles sont passées à la fumée, ont tout l'air d'un
« véritable cuir ; ils en induisent des moules de terre de la
« forme d'une bouteille et quand la résine est durcie, ils
« cassent le moule et en font sortir les morceaux par le
« goulot ; il leur reste ainsi une bouteille non fragile, ca-
pable de contenir toutes sortes de liquides. »

Poursuivant ses investigations, il signale l'emploi bizarre qu'une des tribus faisait du caoutchouc : « L'usage que fait
« de cette résine la nation des Omagnas, située au milieu
« du continent de l'Amérique, sur les bords de l'Amazone,
« est encore plus singulier ; ils en construisent des bouteilles
« en forme de poire, au col desquelles ils attachent une ca-
« nule en bois. En les pressant on fait sortir par la canule
« la liqueur qu'elles contiennent, et par ce moyen, ces
« bouteilles deviennent de véritables seringues. » C'est l'origine du nom donné par les Portuguais à l'arbre qui fournit cette gomme *Pao de Ciringa* (bois de seringue) et *Seringarios* (Seringueros) aux récolteurs de la gomme.

Préoccupé de ses recherches scientifiques, Lacondamine ne put continuer ses investigations sur l'arbre à caoutchouc et s'en fût certainement tenu là s'il n'avait trouvé en l'ingénieur français Fresneau, établi à Cayenne, un collaborateur aussi persévérant qu'éclairé. Fresneau, qui semble avoir entrevu toute l'importance future du caoutchouc, étudie la véritable provenance de l'arbre à gomme élastique : aucun effort ne le rebute et, finalement, il découvre chez les Indiens Coussaris, l'arbre tant cherché. Dans une note qu'il adresse à Lacondamine, il décrit les caractéristiques de l'arbre à gomme et communique en même temps les premières notions exactes sur les procédés employés par les indiens pour obtenir la gomme du caoutchouc. Quant à la manière de tirer et d'employer le suc de l'arbre à caoutchouc, voici le résultat de ses expériences :

« On commence, dit-il, par laver le pied de l'arbre ; ensuite

on fait, avec une serpe, des incisions en long, mais un peu de biais, qui doivent pénétrer toute l'épaisseur de l'écorce, ayant attention de les faire les unes sur les autres, en sorte que ce qui sort de l'incision d'en haut, tombe dans celle qui est au-dessous, et ainsi de suite jusqu'à la dernière au bas de laquelle on met une feuille de balisier ou autre semblable que l'on fait tenir avec la terre glaise pour conduire le suc dans un vase qui est placé au pied de l'arbre.

« Pour employer les sucs laiteux des divers arbres dont j'ai fait mention et qui sont tous résineux, on fait un moule de terre glaise selon ce qu'on a dessein de former, et pour le tenir plus commodément, on enfonce un morceau de bois dans l'endroit qui ne doit pas être enduit de suc laiteux ; c'est ainsi que l'on conserve dans ces ouvrages une ouverture par laquelle on fait sortir ensuite la terre glaise en y introduisant de l'eau pour la délayer. Un moule quelconque étant formé, poli et adouci avec de l'eau, on l'enduit entièrement de suc laiteux avec les doigts, après quoi on expose cet enduit sur une fumée épaisse où l'ardeur du feu se fasse peu sentir, en tournant sans cesse pour que le suc se répande également sur le moule et prenant bien garde que la flamme ne l'atteigne, ce qui ferait bouillir le suc laiteux où il se formerait de petits trous. Dès qu'on voit une couleur jaune, et que le doigt ne s'attache plus à ce premier enduit, on met une seconde couche que l'on traite de même et ainsi des autres jusqu'à ce qu'on juge qu'il y ait assez d'épaisseurs, et alors on tient la matière plus longtemps au feu afin d'en faire évaporer toute l'humidité et qu'il n'en reste plus que la résine élastique..... ; enfin, les ouvrages seront d'autant plus solides qu'on y aura employé plus de couches. »

« Avec ce suc et de la toile, on pourrait faire des prélarts, des manches de pompes, des habits de plongeurs, des outres, des sacs pour renfermer du biscuit de campagne, etc., sans crainte que cette matière donnât aucune mauvaise odeur ; mais toutes ces choses ne peuvent s'exécuter que sur les lieux où croissent ces arbres, car ces sucs *perdent bientôt leur fluidité*. »

Les communications de Lacondamine et de Fresneau déterminèrent le botaniste français Fuset-Aublet à partir pour la Guyane en 1762, et, deux ans après, ce savant publiait sa flore de la Guyane où il faisait connaître les détails que présente, au point de vue botanique, l'arbre à caoutchouc auquel il donne le nom d'*hevea guyanensis*.

James Howison, médecin de l'île du Prince de Galles, détermina le premier, sous le nom de *an elastic gum wine*, l'espèce appelée plus tard *Urceola elastica* par Roxburg qui,

de son côté, découvrit dans les forêts de Brahmaputra en Assam le *ficus elastica*.

Enfin Coffigny signala le premier dans l'île de Madagascar une plante sarmenteuse, du genre des jasmins, qui fournissait un suc laiteux, lequel, en s'épaississant, donnait une résine élastique comme le caoutchouc.

Pendant que les botanistes accomplissaient leur œuvre, les chimistes étudiaient la nouvelle résine et parvenaient à dissoudre le caoutchouc : Hérissant et Macquer adressent simultanément leurs mémoires à ce sujet à l'Académie de Paris (1768), et signalent l'huile de Dippel, de térébenthine ainsi que l'éther pur comme corps susceptibles de ramollir et même de dissoudre la résine élastique insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Ils proposent d'employer cette résine, ainsi amollie, à la fabrication des sondes médicinales et de petits tubes pouvant servir dans les laboratoires. De son côté, le chimiste anglais Priestley fixa l'attention du monde savant sur l'emploi du caoutchouc (1770) ; il recommande de se servir de la gomme pour effacer les traits faits au crayon. Ce fut Magellan qui, en 1772, propagea cette méthode en France et dès 1775 on put se procurer chez les papetiers des petits cubes de caoutchouc appelés en France *peaux de nègres* et en Angleterre *india-rubber* (frotteur indien), nom que le caoutchouc a définitivement gardé dans ce pays.

Les essais de Berniard, chimiste français (1780), vinrent compléter les travaux de Macquer et d'Hérissant et firent entrevoir les nombreuses applications que l'on pourra un jour faire de la gomme élastique. Entre temps Faujas-de-St-Fond, s'occupa d'une sorte de bitume trouvé dans les mines de Castelton et qu'il n'hésita pas à qualifier de *caoutchouc minéral*.

Fourcroy, Berthollet, Giobert étudient eux aussi la gomme élastique, tandis que Grossart fait connaître le procédé le plus commode pour établir avec les bouteilles de caoutchouc du Brésil, tous les tubes et autres ouvrages qu'on peut désirer tant pour la physique ou la chirurgie que pour les usages domestiques. Pour préparer de petits tuyaux, il découpait les bouteilles en lanières de la forme la plus convenable, et après les avoir fait gonfler et ramollir en les plongeant dans l'éther pendant une demi heure, ou un peu plus dans une huile volatile, il enroulait la lanière sur un mandrin et pressait fortement la matière au moyen d'une trousse tournée en spirale. En séchant, les su rfaes se soudaient, et les pièces, ainsi préparées conservaient les formes qui leur avaient été données.

Nous ne citerons qu'en passant les essais plus ou moins heureux de Besson (1791), de Johnson (1797), de Champion (1811), de Clark (1815) pour l'imperméabilisation des vêtements par les dissolutions de caoutchouc, et arrivons enfin à l'année 1820, qui donna réellement naissance à l'industrie du caoutchouc. L'industriel anglais Nadier découvrit à cette époque le moyen de découper le caoutchouc en fils et d'en faire des tissus élastiques remplaçant avantageusement les fils de laiton roulés en spirales. En 1823, Makintosh découvre et applique la dissolution du caoutchouc dans les essences de houille et crée ainsi l'industrie des vêtements imperméabilisés qui prirent le nom de l'inventeur.

Mais l'emploi de la gomme élastique présentait de nombreuses difficultés : la matière était d'une manipulation peu aisée, exigeait un outillage spécial, et les méthodes de dissolution, encore imparfaites, permettaient difficilement de donner aux articles en caoutchouc des formes bien déterminées.

Ces obstacles furent surmontés à la fin de 1836 lorsqu'on remarqua, à la suite des recherches de Thomas Hancocke, que le caoutchouc découpé en petites lanières ou déchiqueté et soumis à un pétrissage énergique, sous l'influence d'une chaleur modérée, se laissait réduire en masses épaisses ; que son élasticité pouvait momentanément être supprimée et qu'en cet état il était susceptible de recevoir toutes les formes qu'on voudrait bien lui imprimer.

La création des articles en caoutchouc d'un usage journalier était dès lors chose résolue : les belles découvertes des Rattier, des Guibal, des Aubert et Gérard se succédèrent avec rapidité et firent faire à la nouvelle industrie de remarquables progrès.

Mais ces progrès, quelque grands qu'ils eussent été, fussent restés stériles et l'existence de la nouvelle industrie eût été bien vite mise en péril sans une de ces inventions géniales dont notre siècle a fourni de si nombreux exemples. Les articles en caoutchouc présentent, sans exception, un grand inconvénient provenant de la modification de leur élasticité suivant les circonstances. En effet, le caoutchouc est très élastique à la température ordinaire ; son élasticité est telle qu'un fil, sollicité par un effort de traction, peut s'allonger de cinq à six fois de sa longueur primitive, pour revenir à sa longueur naturelle, si la cause qui a produit l'allongement cesse. Le froid lui fait perdre cette propriété : il devient dur et si on cherche à l'allonger en cet état il casse ; à la chaleur de l'été ou à la chaleur artificielle, toute l'élasticité reparaît. Mais le caoutchouc naturel, outre

son imperméabilité et son élasticité, possède une qualité adhésive très énergique, surtout vis-à-vis de lui-même. Cette qualité utilisable pour l'allongement indéfini des fils et des feuilles par exemple, est extrêmement nuisible pour la confection de certains objets. A la chaleur de l'été cette puissance adhésive s'exalte encore, le caoutchouc devient gluant, poisseux ; il dégage en même temps une odeur extrêmement désagréable. Quelques exemples feront encore mieux comprendre combien ces défauts du caoutchouc brut sont considérables. Une des premières applications industrielles de la gomme élastique fut, comme il a été dit précédemment, l'imperméabilisation des vêtements. Mais excellents, contre la pluie, ces vêtements se déchiraient, cassaient sous l'influence d'un froid quelque peu intense ; ils devenaient visqueux, au contraire, et collaient dès qu'ils avaient subi l'action des rayons solaires en été. Il en fut de même des *souliers indiens* qui, tout en étant d'une forme peu gracieuse, furent d'abord bien goûtés par la mode européenne : mais bientôt le consommateur n'en voulut plus à aucun prix, pas plus que des mackintoshs dont l'emploi fut complètement abandonné.

Le chimiste allemand Ludersdorf fut le premier qui, en 1832, observa que le soufre ôte la viscosité du caoutchouc dissous dans la térébenthine. Vers la même époque, l'américain Hayward employa la fleur de soufre pour saupoudrer les feuilles de caoutchouc et atténuer ainsi la force adhésive de la gomme. Mais ni l'un ni l'autre ne poursuivirent l'opération : ils s'arrêtèrent à mi-chemin et il fut réservé à l'américain Nelson Goodyear de résoudre définitivement, en 1839, la question de la production industrielle d'un caoutchouc ne cassant pas aux basses températures, ne poissant pas à des températures plus élevées.

La découverte de Goodyear consiste à soumettre le caoutchouc naturel d'abord à l'action du soufre, ensuite à celle d'une température assez élevée. On donna à cette opération le nom de *vulcanisation*, et le caoutchouc ainsi traité fut appelé *caoutchouc vulcanisé*. Le caoutchouc vulcanisé conserve son élasticité à basse comme à haute température (jusqu'à 120° C) ; de plus, il offre une résistance plus grande aux agents chimiques.

L'invention de la vulcanisation donna dès lors à l'industrie du caoutchouc un développement qui n'eut plus de bornes et, pendant une période de vingt années successives, chaque jour apporta son contingent de découvertes et de perfectionnements à la nouvelle industrie sortie de son état embryonnaire. Si Goodyear fait breveter son procédé de vulcanisa-

tion par mélange mécanique, son heureux et très inventif rival, l'anglais Hancock, prend une patente en 1844 pour la vulcanisation au bain de soufre. Le chimiste Parkes qui, en 1843, avait déjà trouvé un meilleur procédé de dissolution du caoutchouc par un nouveau véhicule, *le sulfure de carbone*, fait breveter à son tour une méthode de *vulcanisation dite au trempé* ou vulcanisation au bain chimique de chlorure de soufre. C'est à ce même savant que l'on doit le premier procédé de *désulfuration* des déchets de caoutchouc vulcanisé. Austin G. Day, du Connecticut, prend une licence pour la vulcanisation perfectionnée en 1858, et Girard propose les sulfures alcalins pour la vulcanisation des objets de peu d'épaisseur. Enfin la série des grandes découvertes se termine par l'invention du *caoutchouc durci*, due également à Goodyear. Cet infatigable chercheur parvint, par un traitement plus énergique de la gomme au moyen du soufre, à transformer cette matière en une masse cornée analogue à la baleine et même à l'ivoire.

Nous avons omis à dessein de parler du brevet pris par Hancock en 1846 pour le moulage des objets en caoutchouc, invention qui fut le point de départ de la fabrication des moulés pleins (tampons pour chemin de fer, clapets, courroies, etc.), puis des moulés creux (jouets, etc.). Ce sont là des progrès importants sans doute, mais non point indispensables à la marche en avant d'une industrie qui s'est pour ainsi dire créée tout d'une pièce et qui, certainement, n'a pas encore dit son dernier mot. Nous nous arrêtons ici, nous réservant de traiter de tous les perfectionnements ultérieurs dans les chapitres spéciaux de ce petit traité : nous éviterons ainsi de blesser tels de nos chercheurs contemporains dont nous aurions omis de citer le nom et l'œuvre, tandis que nous aurions nommé de préférence tel autre.

CHAPITRE PREMIER

CAOUTCHOUC, LATEX ; DÉFINITIONS. — ORIGINES BOTANIQUES HABITATS.

Définitions

Le Caoutchouc, en latin, *Gumicum elasticum* appelé aussi quelquefois *gomme élastique* ou simplement *gomme* (*India rubber* en anglais, *gummi,* en allemand, *seringa,* en espagnol, *xirringa,* en portugais,) est un carbure d'hydrogène de nature végétale, extrait du suc secrété par le protoplasme d'un soi-disant tissu cellulaire solitaire d'un grand nombre d'arbres, d'arbustes et de lianes des pays chauds. Les troncs principaux de ce tissu sont situés dans la zone interne de l'écorce, en dehors du liber des faisceaux et de leur gaine sclaireuse quand elle existe. Ils envoient de nombreuses branches, les unes vers l'extérieur à travers l'écorce jusque sous l'épiderme, où elles se terminent en cul-de-sac, les autres moins nombreuses vers l'intérieur à travers l'endoderme et les rayons médullaires jusque dans la moelle à la périphérie de laquelle elles se dirigent longitudinalement. Ce carbure d'hydrogène, et ses dérivés issus de l'activité du protoplasme, ne paraît pas, d'après certains naturalistes du moins, réemployé plus tard dans la vie de la plante et est considéré par eux comme un produit d'élimination, de réserve, utilisé seulement par l'homme dans les arts et l'industrie. D'autres savants, et nous nous rangeons facilement à leur avis, considèrent ce carbure nécessaire, au moins partiellement, à la nutrition de la plante.

Le système des vaisseaux laticifères des végétaux gummifères ne paraissent à G. David que de simples cellules isolées qui suivent l'allongement et en même temps envoient latéralement à travers les méats du tissu ambiant des branches ramifiées qui se prolongent dans les feuilles. Ces cellules laticifères rameuses appartiennent non au faisceau fibro-vasculaire, mais au parenchyme fondamental : l'observation de G. David se trouve en parfaite concordance avec les travaux micrographiques de Trécul présentées à l'Académie des Sciences en 1865. (2e Semestr. Page 159 et Page 294.)

Si on pratique une incision sur les végétaux gummifères, il en découle un suc laiteux ayant quelque ressemblance avec le lait de chèvre, le *Latex,* qu'on recueille et qui, soumis à une manipulation

grands arbres, à suc laiteux et abondant, à feuilles alternes, longuement pétiolées, digitées, à trois folioles sessiles ou pétiolulées, penninerves et glanduleuses à la base. Leurs fleurs sont disposées en grappes composées de cymes axillaires et terminales. La fleur centrale de la cyme est ordinairement femelle. L'arbre se reproduit avec une grande facilité ; l'enveloppe qui contient les graines éclate en produisant un bruit semblable à la détonation d'une amorce et la semence se trouve projetée 15 à 20 mètres aux environs. Le soin de la reproduction est abandonné au hasard.



Fig. 1. — Rameau d'Hevea Brasiliensis.

C'est à tort que l'on a considéré jusque dans ces derniers temps l'Hevea Guanensis (le Iatropa elastica de Linné et le Siphonia elastica de Schreber) comme étant le véritable arbre appelé *Seringa* ou *Cahuchu* par les Indiens du Brésil et comme constituant l'arbre à caoutchouc par excellence. C'est bien l'arbre signalé par Lacondamine et Fresneau, mais il fournit un latex peu abondant et très pauvre en globulites gommeux : l'extrait sec qu'on en obtient difficilement est d'une qualité bien inférieure. L'hévéa qui est le pourvoyeur actuel du Caoutchouc commercial le plus estimé est l'*hévéa Brasiliensis* (Muller d'Arg.) ou Siphonia Brasiliensis (H.B.K).

Le Micrandra (Benth) est un genre d'Euphorbiacées de la série des Iatrophées à fleurs monoïques pourvues de pétales valvaires ou imbriquées, l'androcée 5-andre ; l'ovaire 3-loculaire ; le fruit s'ouvrant tard ou à peine. Ce sont 3 ou 4 espèces d'arbres à feuilles alternes originaires de Brésil.

Les Manihots (Plum-Adams). Genre détaché des Iatrophées dont il a les caractères avec des fleurs mâles 10-andres, sinon que son périanthe est unique, gamophile, à 5 divisions courtes avec un gros disque dans les fleurs des deux sexes. Ce sont environ 75 herbes ou arbustes américains à feuilles alternes, digitées, lobées ou partites. Leur racine est souvent renflée, riche en fécule.



Fig. 2. — Manihot Glaziowii, jeune branche (1/2 grandeur naturelle) inflorescence (1/2 grandeur naturelle) fruit à moitié de sa maturité (grandeur naturelle).

Le Manihot Glozowii ou *leitera*, fournissant le *céara scraps* du commerce,ou *Manisoba* des indigènes, est le caoutchouquier des terrains granitiques, élevés, secs, comme l'hévéa est l'arbre à gomme des terres basses, très arrosées, dont un humus argileux constitue le principe essentiel.

Les Euphorbias. Plantes acres, caustiques, vésicantes, vomitives : ces propriétés résident principalement dans le latex ; aussi a-t-on renoncé la plupart du temps à les exploiter. (Baillon T. II, p. 575).

Ulmacées (série des artocarpées).

Le Castilloa est un genre d'ulmacée, série des artocarpées, dont les fleurs monoïques et très analogues à celles du pseudolmedia sont réunis sur des capitules distincts presque plans ou indupliqués réniformes, et environnés de nombreuses bractées imbriquées et formant involucre. Les mâles sont dépourvues de périanthe et formées de nombreux étamines. Les femelles, réunies en nombreux glomérules



Fig. 3. — Rameau florifère mâle du Castilloa elastica.

sur un réceptacle commun, possèdent un calice à 4 divisions, un ovaire semi-infère, uniovulé, surmonté d'un style mince cylindrique et partagé au sommet en deux branches stigmatifères, linéaires subulées, comprimées et quelquefois sp ralées. Le fruit est une drupe presque sèche à la maturité, adnée d'un côté au calice et contenant une graine sans albumen, à embryon subglobuleux et à cotylédons épais, presqu'égaux et à radicule courte et supère. C'est un arbre à suc laiteux, ordinairement pubescent, à feuilles distiques, inégales à la base et accompagnées de stipules connées, supra-

axillaires et oblongues-aiguës et à inflorescences unisexuées, axillaires, stipitées, fasciculées, rarement nombreuses, souvent solitaires.

Le Ficus, genre d'ulmacées, série des artocarpées, caractérisé par des fleurs unisexuées, renfermées dans un réceptacle globuleux ou piriforme plus ou moins ouvert au sommet. Les fleurs mâles et les fleurs femelles agglomérées existent quelquefois simultanément dans un même réceptacle, et, dans ce cas, les mâles en occupent la partie supérieure; plus ordinairement les sexes sont placés dans des réceptacles séparés. Le calice est formé de 2-6 folioles et est souvent charnu; 4-6 étamines oppositisépales, ou quelquefois seulement une étamine (urostigma) ou deux étamines (pharmacosycea); les filets sont



Fig. 4. — Rameau du Ficus elastica.

libres ou connés à la base; les anthères introrses avec deux fentes longitudinales; ovaire sessile ou stipité, ordinairement uniloculaire, très rarement deux ou trois loges, surmonté d'un style inséré latéralement, inclus dans le réceptacle, à surface stygmatique, infundibuliforme ou bifide. Ovule descendant, anatrope ou campylotrope, à microphyle supère et tourné en dehors. Fruits drupacés, renfermés dans un réceptacle clos; mésocarpe mince, membraneux, souvent promptement défait; noyau crustacé ou fragile, à une seule graine descendante, pourvu d'un albumen charnu. Les Ficus constituent de grands arbres ou des arbrisseaux quelquefois grimpants, lactescents, à feuilles ordinairement alternes, rarement opposées, très variables de formes dans une même espèce, entières ou lobées,

anatrope, avec le microphyle en haut, en dehors, et souvent coiffé d'un obturateur. A la maturité, chaque ovaire devient un achaine dont la graine descendante contient, sous ses téguments, un embryon courbe, dépourvu d'albumen et à cotylédons ordinairement très inégaux. L'ensemble de tous ces achaines, enfermés dans la masse du réceptacle, qui devient souvent féculente, constitue un fruit composé, sphérique ou oblong. On connaît une vingtaine d'Artocarpus en Asie et en Océanie. Ce sont des arbres à suc laiteux, à bois peu consistant et à feuilles alternes entières ou diversement découpées et accompagnées de deux stipules latérales connées en une large gaine supra-axillaire qui enveloppe le jeune rameau, et laisse, après sa chute, une cicatrice linéaire et annulaire. Leurs fleurs sont disposées en glomérules sur des réceptacles distincts ; celui des mâles en forme d'épi cylindrique ou claviforme, garni sur sa surface extérieure de fleurs sessiles ordinairement entremêlées de bractées peltées, tandis que les femelles sont disposées sur le réceptacle dans le puits dont il a été question plus haut.

Son latex est visqueux et lactescent et sert aux indigènes à faire de la glu. Mais c'est surtout du fruit qu'ils tirent un grand parti en Océanie (Taïti).

C'est un arbre pouvant atteindre 15 à 20 mètres de haut avec un trope gros comme le corps d'un homme.

Le Cecropia (Lœfl). Genre d'Ulmacées, tribu des Conocéphalées, se distinguant par : fleurs dioïques en épis très denses. Périgone des fleurs mâles ouvert au sommet par deux pores ; étamines deux, exsertes, à filets courts, filiformes, à anthères biloculaires ; périgone des fleurs femelles tubuleux, entier ou presque entier, un peu épaissi au sommet. Ovaire libre, uniloculaire ; stigmate terminal, subsessile, capité. Achaine monosperme, recouvert par le périgone persistant. Ovules insérés sur le sommet de la loge, descendants, à mycrophyle dirigé en haut et en dehors. Graines inconnues. Arbre à rameaux noueux, fistuleux dans les entre-nœuds ; feuilles alternes, palmabilobées. Habitat : Amérique centrale et méridionale.

Apocynacées.

Le Vahéa, genre d'Apocynacées-arduinées, formé d'une vingtaine de lianes de l'Afrique équatoriale et de Madagascar ; distingué par des cymes terminales de fleurs à corolles, portant les étamines près de la base du tube ; les divisions du limbe étroites ; une grosse baie à ∞ graines anguleuses dont l'albumen est corné.

Le Landolphia (Pal. Beauv.) On considère généralement ce liane comme une variété de Vahéa. M. Radelkoffer conserve cependant les deux genres comme distincts.

Les Urceolas, genre d'Apocynacées-nériées, formé de six lianes malaises, distingué dans le groupe des Ecdysanthérées par des fleurs à calice non glanduleux ; une corolle aréollée ou globuleuse, valvaire

subindupliquée ou plus souvent légèrement tordue ; le bord droit des lobes recouvrants ; un disque entier ou 5-lobé.

Les Hancornias, genre d'Apocynacées-carissées, sous-tribu des Eucarissés, caractérisé par un calice cinq-partite, à lobes dépourvus de glandes, disposés en quinquonce dans la préfloraison. Corolle hypocratérimorphe, à tube étroit, velu en dedans, nu au niveau de la gorge, surmonté d'un limbe à cinq divisions linéaires-lancéolées. Cinq étamines, insérées sur le milieu du tube de la corolle, à filets grêles, portant des anthères linéaires, acuminées, de la même longueur que les filets ; nectaire nul. Ovaire unique, fusiforme et glabre, divisé en deux loges par une cloison épaisse et charnue, surmonté d'un style filiforme, à stigmate indusié, linéaire, conique et bilobé au sommet. Les ovules sont nombreux, amphitropes, insérés sur chacune des faces de la cloison. Le fruit est une baie globuleuse ou piriforme, pulpeuse, lactescente, uniloculaire par avortement de l'un des carpelles, contenant des graines nombreuses,



Fig. 7. — Vahéa. Fruit entier et coupe longitudinale.

ovoïdes et comprimées, enfoncées dans la pulpe du fruit, munies d'un albumen dur et d'un embyron central, dressé, à radicule très courte et à cotylédons subovales. Les Hancornias sont de petits arbres lactescents à feuilles opposées et entières, courtement pétiolées et à fleurs odorantes. Les fruits du Hancornia speciosa (Gom.) et du Hancornia pubescens (Nees et Mart) sont désignés vulgairement sous le nom de *Mangaba* et très recherchés par les indigènes.

Le *Cameraria* (Muller). Genre d'Apocynacées, de la série des Pluméricés, sous-section des Eupluмériées, distingué par l'absence de disque dans sa fleur et les étamines dont l'anthère est surmontée d'un long fil. Les deux carpelles renferment dans leur portion ovarienne des ovules nombreux et bisériés ; mûrs, ils deviennent deux samares dures, ailées au sommet, indéhiscentes. Ce sont des arbustes glabres des Antilles, à feuilles opposées, à fleurs en cymes terminales.

Le C. lucida et latifolia (Jack) fournissent du caoutchouc.

Le *Parameria* (Benth). Genre d'Apocynacées-Néricés, voisin des Ecdysanthérées, distingué par un calice à plusieurs glandes intérieures, une corolle à 5 lobes, recouvrant, par leur bout gauche, des fruits allongés, renflés au niveau des graines. Ce sont 2, 3 lianes de l'Asie et de l'Océanie tropicales. Nous avons provisoirement nommé P. Pierrei une espèce du Cambodge qui donne d'excellent caoutchouc.

Le *Leuconotis* (Jack). Genre d'Apocynacées-Carissées formé de deux arbustes lactescents de l'archipel malais, distingué par des fleurs 4-mères, à ovaire biloculaire ; les loges biovulées. Le fruit est charnu et les graines n'ont pas d'albumen.



Fig. 8. — Rameau de Landolphia owariensis.

L'*Alstonia* (C.), qui donne son nom à la tribu des Alstoniées de la famille des Apocynacées. Ses fleurs régulières et hermaphrodites ont un calice gamosépale, à 5 divisions, quincociales dans le bouton, une corolle gamopétale, hypocratérimorphe, à 5 lobes en perfloraison tordue, un androcée de 5 étamines incluses, et un gynécée analogue à celui des apocyns. Le fruit se compose de deux follicules étroits, allongés, renfermant de nombreuses graines aplaties, terminées à chaque extrémité par une membrane ailée et ciliée.

Les Alstonia sont de beaux arbres des îles septentrionales de l'Océanie et de l'Asie tropicale ; les feuilles sont opposées et leurs fleurs réunies en grappes de cymes. Le latex est d'une amertume aussi considérable que celui de la Gentiane.

Le *Chonémorpha* (G.). Genre d'Apocynacées, sous-tribu des Euéchitidées, dont le calice court, tubuleux et quinquéfide, est muni à sa base interne d'un anneau glanduleux. La corolle est subinfundibuliforme, à tube très court, à gorge nue et longuement tubuleuse. Les étamines sont incluses, à filets larges, très courts, à anthères adhérentes au stigmate et munies d'appendices courts à la base de leurs loges. L'ovaire, entouré d'un disque épais, entier ou à peine quinquelobé, est à deux carpelles distincts, multiovulés et surmontés d'un style filiforme fendu à la base et présentant au-dessous de son sommet bifide un stigmate charnu et dilaté inférieurement en membrane annulaire. Le fruit se compose de deux follicules triquètres, dont les graines nombreuses présentent, à leur extrémité amincie en rostre, une couronne de longs poils. L'albumen est peu abondant, et les cotylédons sont épais, plats et oblongs avec une radicule courte. Ce sont des arbustes pubescents, sarmenteux et grimpants, à feuilles opposées, larges et penninerves et à belles et grandes fleurs blanches, réunies en cymes ramifiées, lâches, terminales et parfois pseudo-axillaires. On en connaît deux ou trois espèces dans l'Inde orientale et l'archipel malais.

Asclepiadées.

Le *Cynanchum* (L.), genre d'asclepiadées, tribu des cynanchées, ayant pour caractères : calice 5-partite, à divisions aiguës, muni de 5 à 10 glandes en dedans de sa région basilaire. Corolle subrotacée, profondément 5-fide, à lobes oblongs ou arrondis, contournés et se recouvrant de droite à gauche ; couronne membraneuse juxtaposée au tube staminal, cupuliforme ou annulaire à la base, à 5 lobes lancéolés ou liguliformes, pourvus en dedans d'une languette ou d'une petite écaille, à sinus dénudés, 2-dentés ou présentant un petit lobe. Etamines insérées sur la base de la corolle, à filets connés en un tube très court, membrane de l'anthère infléchie ; chaque loge contenant une seule pollinie, ovoïde oblongue, non comprimée, attachée à quelque distance au-dessous de son sommet. Stigmate dont la région centrale est un peu convexe ou en cône surbaissé. Follicules très peu épais, acuminés, légers. Graines chelues. Ce sont des sous-arbrisseaux volubiles, glabres, ou à peine ubescents, à feuilles opposées, cordiformes ou hastées ; à fleurs tites, disposées en cymes ombelliformes ou racémiformes situées niveau d'une seule aiselle ; pédicelles filiformes.

Le *Periploca Graeca* (L.). Genre d'asclepiadacées distingué par pollen granuleux et non en masse, collé cependant à un corpuscule dilaté à son extrémité. La corolle est rotacée, tordue, dou-

blée d'une couronne à écailles larges et courtes, ordinairement prolongées en 5 ligules subulées. Ce sont des plantes laiteuses, volubiles, parfois aphylles.

Le Calotropis procera (R Br.). Genre d'asclepiadacées à feuilles opposites, décussées, subsessiles, embrassant la tige, obovées, surface supérieure lisse, face inférieure couverte d'une pubescence blanche, laineuse. Inflorescence en ombelles composées, pédoncules laineux, fleurs grandes, fort belles, d'une couleur rose mélangée de pourpre; calice à 5 divisions; corolle campanulée, à tube anguleux, limbe à 5 segments oblongs, obtus, revolutés, réfléchis à la pointe; couronne à 5 écailles adnées au tube staminal, un peu charnues, comprimées latéralement, prolongées dans le dos, à la base ou vers le milieu en un tube acqué, recourbé en haut, étamines à filet connés en tube court: pollinies solitaires dans chaque loge, obovoles, oblongues, comprimées, suspendues par le sommet, stigmate obscurement pentagone; follicules courts, acuminés, à graines chevelues.

Ces quelques notions ainsi que le tableau synoptique (pages 26 et suiv.) et la carte qui les suit peuvent donner une idée suffisante de la grande variété des arbres gummifères. Ultérieurement nous aurons l'occasion, lorsque nous traiterons plus spécialement de la Gutta-Percha, de revenir sur certains végétaux omis à dessein actuellement et qui fournissent un latex intermédiaire ne donnant ni le caoutchouc proprement dit, ni la Gutta-Percha. Nous tâcherons alors d'en faire ressortir les caractères spéciaux et nous chercherons ainsi à éviter aux savants et aux explorateurs à venir les mécomptes auxquels n'ont pu échapper certains de leurs devanciers contemporains.

Systèmes laticifères

Avant de terminer ce rapide exposé botanique, nous croyons utile de donner quelques renseignements sur le système des vaisseaux laticifères des différentes familles auxquelles appartiennent les végétaux gummifères. Nous empruntons cette description au *Traité de botanique de Sachs* (Paris 1874). *Le système des vaisseaux laticifères des Urticées*, très richement développé notamment dans les ficus, chemine dans l'écorce au voisinage immédiat des groupes de fibres libériennes; on en trouve aussi dans la moelle chez les ficus, jamais dans le bois. Mais ces vaisseaux ne sont ni aussi abondants ni aussi nettement articulés que dans les Papavéracées, ni aussi régulièrement anastomosés en réseau à mailles étroites que dans les Chicoracées. Dans chaque entre-nœud de la tige ils cheminent côte à côte, presqu'isolés, comme de longs tubes cylindriques et ininterrompus qui n'envoient que rarement une branche latérale et qui ne se mettent que

çà et là en communication avec les tubes voisins. Aux nœuds, au contraire, et dans les feuilles ils acquièrent de nombreuses ramifications parfois anastomosées en réseau, et forment de petits prolongements fins et terminés en doigt de gant. Dans les feuilles épaisses de plusieurs figuiers, ils se répandent au loin dans le parenchyme et parviennent même jusqu'au contact direct de l'épiderme.

Système laticifère des Euphorbiacées, Apocynées et Asclepiadées. Les vaisseaux laticifères des *Euphorbiacées* ressemblent aux précédents en ce qu'ils se ramifient également et qu'ils sont partout abondamment répandus dans le parenchyme du tissu fondamental ; mais ils en diffèrent parce qu'ils ont des parois plus épaisses et ressemblent sur les coupes transversales aux fibres libériennes. Atteignant leur développement le plus riche au voisinage des faisceaux de fibres libériennes, ils les remplacent parfois entièrement ; de ce point ils envoient des branches dans l'écorce et dans la moelle, formant en particulier de nombreuses ramifications aux nœuds de la tige et aux coussinets des feuilles.

Les vaisseaux laticifères des *Asclepiadées et des Apocynées* ressemblent bien plus encore aux fibres libériennes ; comme elles, ils sont en partie pointus aux deux bouts ; comme elles aussi ils ont parfois leurs parois épaisses et striées d'une façon caractéristique. Tantôt ils occupent réellement la place des vraies fibres libériennes, tantôt ils sont réunis et mêlés avec elles dans le faisceau libérien, tantôt ils les entourent. C'est donc par la simple présence du suc laiteux que s'accuse la parenté de ces fibres libériennes transformées avec les vrais vaisseaux laticifères ; plus leur contenu devient laiteux plus aussi leur paroi s'amincit. Outre ces éléments simples et fibreux, on trouve cependant aussi des tubes ramifiés et anastomosés qui abondent surtout dans les nœuds, dans la moelle et dans l'écorce.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPAUX VÉGÉTAUX FOURNIS

Famille ou tribu	Genre	Variétés spéciales	Synonymes	Dénominations locales	Botanistes
EUPHORBIACÉES	*Hévéa*	Hévéa Guyanensis.	Siphonia elastica, Iatropha elastica.	Xirringa, Hévé, Cahuchu.	Aublet, Linné, ber, Pers, Villd, Ri Gmelin, Fuss,
		» Spruceana.	Siphonia spruc.		Muller d'Argovi
		» Lutea.	» lut. et » apiculata.	Long leaved Xir, Schort leaved Xir.	Mull, d'Arg, et
		» Brasiliensis.	Siphonoides bras. et siph, kuntiana.		Mull, d'Arg, M Benth. Kunt,
		» Rigidifolia.	Siphonia rigid.		Mull, d'Arg.
		» Brevifolia.			Muller d'Argovi
		» Discolor.	Siphonia discolor. (Micrandra ternata).	Xiringa de gassó.	Mull, d'Arg. et
		» Membracena.			Mull, d'Arg.
		» Paucifolia.	Siphonia paucifolia.		Spruc, Benth. Mull, d'Arg.
		Hévéa Benthamina.			Muller d'Arg.
		» Caoutcha.		Para blanc, Virgin Scheets.	Gmelin, E. Car
	Micrandra	Micrandra major.			Benth.
		» siphonoider.			»
		» minor.			»
	Manihot	Manihoot glazowii.		Manisoba, Leitera.	John Smith.
		Sapium biglandulau-sum.		Lechero.	Muller d'Argovi
	Euphorbe	Euphorbe rhipsaloïdes.			Welwitsch.
ULMACÉES (Artocarpées)	*Castilloa*	Castilloa elastica.		Arbre d'Ulé, Ulequa-hil Hule Jebe Tassa.	Cervantès.
		» markhamia-na.		Ulé-Ulé.	Coll.
	Artocarpus	Artocarpus integrifolia.		Arbre à pain.	Roxb
		» elastica.		Benda, Buda Truup.	Herb. Rudt Blu
	Cecropia (Morées)	Cecropia peltata.			Meyer Mart.
		Surinamensis Aden-pus,			
	Ficus (Morées)	Ficus indica.		Kasmeer, Banyan.	L. Roxburg.

STRIELLEMENT LE LATEX DU CAOUTCHOUC. — HABITATS.

Amérique	Afrique	Asie	Océanie	Observations
(Amazonas). Rio ro. Guyane franç. l. et Équat. orient. ivie, Vénézuela.				Acclimaté à la Réunion, à Ceylan, l'Inde anglaise, la Cochinchine. Tonkin. Annam. Tronc 50 à 60 pieds 2 à 2 1/2 p. diamètre, écorce grise peu épaisse, le bois blanc et léger
Bouches du Ta-s.				Tronc plus petit que l'Hévéa brasiliensis.
(Rio Negro, Cas-ari).				Tronc de 70 pieds, moins lact. que l'H. Br. Différence peu sensible entre ces trois espèces. Le latex de l'Hévéa lutea tache très rapidement la main en noir et produit sur la toile des maculatures indestructibles. Très élastique et nerveux.
. Para Vénézuela.				Tronc de 60 pieds de haut, fournit le maxim. de latex et donne le meilleur rendement en caoutchouc. Très lactescent; jusqu'à 30 pieds de haut.
bie Rio-Nau- .				Tronc élancé, plus droit, peu de circonférence, écorce lisse peu épaisse, fleurs jaunes très parfumées, fournit moins de latex. Dr Sprice signale un tronc de 100 p. de haut près San-Carlo.
l (Rio-Negro) Cas-ari).				Tronc de 25 pieds, branches s'étendant horizontalement et grande étendue, latex peu abondant caoutchouc peu élastique.
-Amazonas. Rio-gro. Rio Naupes. nbie. Haut-Amae. Rio Naupes.				
ne anglaise. Colombie. Rio Naupes rties rocheuses)				Tronc puissant, 40 à 50 p. Lait très abondant.
amazone (Brésil).				
o Naupes.				
il (Matto Grosso).				
il (Amazones).				
a.				Acclimaté au Gabon côtes et Congo. Ceylan, etc.
zuela (vallée de ragua.	Angola.			
que. Colombie. uateur Toute l'Amérique centrale. tilles. Martinique.				Tronc de 6 à 8 pieds de circonférence, écorce lisse, branches et feuilles alternes, feuilles chevelues des deux côtés. Acclimaté à la Martinique tronc de 5 à 6 p. de circ.
ma. Colombie. sta Rica.	Assam Birmanie.			
			Sumatra, Java.	
Negro. il. Guyane holl.				
		Bengale, Assam, Birmanie, Singapoure, Siam, Malacca.	Iles Philippines.	

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPAUX VÉGÉTAUX FOURNI

Famille ou tribu	Genre	Variétés spéciales	Synonymes	Dénominations locales	Botanist
ULMACÉES (Artocarpées)	*Ficus* (morées)	Ficus elastica.		Karet, Karet-Tapok, Pohon-Karet, Kohlet.	L. Roxburg. Kurz.
		» primoides.			L. Roxburg.
		» religiosa.		Banut-Kalodja.	L. Willd. Roxb Blum.
		» altissima.			Bl.
		» lacifera.		Hyoung Pen.	Miq. Roxb.
		» obtusifolia.		Hyoung-Hyap.	Rob.
		» glomerata.			Willd.
		» oppositifolia.			Willd.
		» macrophilla.			Desf. Roxb.
		» rubiginosa.			Desf. Roxb.
		» annulata.			Bl. Kurz.
		» gameleira.			
		» subcalcrata.			
		» nymphéifolia.			L.
		» radula.			Willd.
		» pertusa.			L.
		» crassinervia.			Desf.
		» lentiginosa.			V.
		» medina		Kabl.	
		» tammako.		N'daba Touronin Koko. N'zéné Touron.	
		» racemosa.			
		» incisa.		Banian.	E. Davillé.
		Urostigma vogilii lacifera.	Ficus lac.		Vogel. Roxb.
		Urostigma vogilii prinoïdes.	» prin.		Miq. Willd. Ho
		Urostigma prolixa.	» incisa.	Banian.	
		Melodinus.		Sadal Kowa.	
		Diauder.			
APOCYNACÉES	*Vahea*	Vahéa gummifera.	Tabernamontana. Squamosa utilis.	Hya-Hya.	Lamk. Sprenz.
		» toxicophléa.			
		» madagascariensis.	Echites. Faterna elastica.	Voaène. Voàhèrè. Voa Canja. Vonhèma. Vaheigne. Mondrèsy.	Boyer. Siele.
		Vahéa sénégalensis.		M'bungu. Anjouan.	A. D. C.
		» commorensis.		Voa-Hiné.	Boj.
	Landolphia	Landolphia ovariensis.	Poederia owariensis.	Licomgue.	Palais cou. de Be J. Collins. D' Welwitsch. S
		» hendelotti.		N'dambo.	D. C.
		» florida.	Niger flora.	Rituti. Aboh.	Bentham. Welw
		» kirkii.		Matire. M'tiri.	Kirk.
		» petersiana.		Mtolia. Matatu-Bousu.	

TRIELLEMENT LE LATEX DU CAOUTCHOUC (*suite*)

…mérique	Afrique	Asie	Océanie	Observations
		Bengale, Prince de Galles, Malacca, Cochinchine, Annam, Tonkin.	Java.	Importé de l'Inde (Jardin bot. de Calc.), notre caoutchouquier horticole.
		Bengale. Java.		
		Sumatra, Java.		Terrains calcaires et rochers, grandes altitudes.
		Assam. Pegou. Siam.		
		Chittagong, Siam. Malacca.		
		Indes anglaises.		
		»		
		Java, Sumatra, Archipel indien.	Australie.	
		Java, Sumatra, Archipel indien.	»	
		Pegou, Siam, Malacca.	»	
	Afrique occidentale.			
…a.				
…la.				
…spe.				
	Sénégambie, Soudan.			
	Sénégambie »			
	Rivière du sud de la Côte d'Ivoire.			
			Nouv. Calédon. (Nouv. Hébrides).	Fournit d'excellent caoutchouc.
	Afrique occidentale, Guinée française.	Assam, Java, Ceylan.		
	Grand Bassam, Liberia.			
… Grenade.				
			Nouvelle Calédonie.	
		Bengale.		
	Sierra Leone.			
… du Sud. …anglaise.	Madagascar. Afrique orient. et occident. Afrique centrale.			
	Madagascar. Réunion.			
	Sénégambie, Casamanice, Guinée portug. Rivieres du sud.			
	Comores. Madagascar. Nossi-Bé.			
	Owar. Benin. Sierra Leone.			
	Liberia. Cote des Esclaves. Gabon. Congo. Angola.			
	Soudan français. Guinée port. Sénegal. Afrique orientale.			
	Angola. Afrique centr. Libéria. Afrique orientale.			
	Zambèze. Zanguebar. Afrique orientale.			
	» »			
	Guinée française.			

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPAUX VÉGÉTAUX FOURNIS

	Genre	Variétés spéciales	Synonymes	Dénominations locales	Botanistes
Apocynacées	*Landolphia*	Landolphia mannii.			
		» wassonitana.			
	Willughbeia	Willughbeia edulis.		Luti Am. Scandent Mango.	Rox Kurz.
		» turbidgei.	Martabianea.		Wall.
		» trascheri.	Javanica.		Blum.
		» firma.	Corvacia.		Blume Wall.
	Urceola	Urceola elastica.	Elastic Gam-wine.	Guttah. Gettah Giétan, Gutta, Susu.	James Howinson Sprenz.
		» esculenta.	Chavanesia esc.		Bth.
	Dijera	Dijera edulis.	Cortulata.		John Hooker.
		» lerii.			
	Hancornia	Hancornia speciosa.		Mangabeira. Mangahiba. Palo de Vaca (Vénézuela).	Gomez. Markgr Mull. d'Arg.
		» minor.			Mull. d'Arg.
		» maximiliana.			ADC.
		» lundii.			ADC.
		» gardeneri.			Mull. d'Arg.
		» pubescens.			»
		» floribunda			Pœppig et En[…]
	Cameraria	Cameraria latifolia.			
	Parameria	Parameria glandulosa.			Pierre.
	Leuconotis	Leuconotis eugenifolius.			
	Anodendron	Aurodendron pausculatum.			
	Alstonia	Alstonia constricta.			
	Chénomorpha	Chénomorpha macroph.			
Asclépiadées	*Callotropis*	Callotropis gigantea.		Fafetone Wadoré, Sidagori, Madori.	R. Brown.
		» procera.		Algodon de Seda.	R. Br.
	Cynanchum	Cynanchum ovalifolium.			Wight.
	Periploca	Periploca græca.			

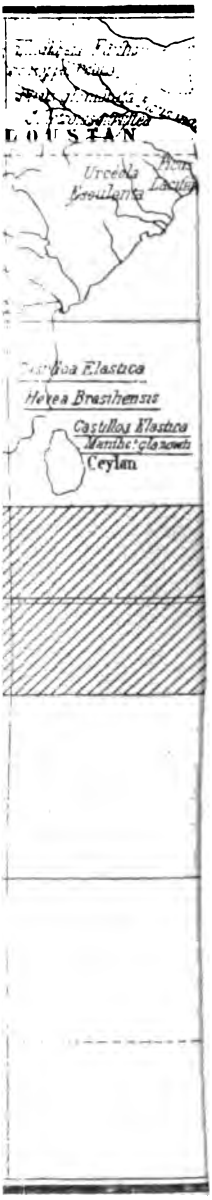
[...]TRIELLEMENT LE LATEX DU CAOUTCHOUC (*suite*)

[...]mérique	Afrique	Asie	Océanie	Observations
	Afrique orientale.			
	» »			
	Madagascar. Maurice.	Archipel indien. Birmanie. Bengale. Chittagong Silhet. Java.	Australie (acclimatat.).	
		Archip. indien. Chittagong. Martaban.	»	
		Archipel indien. Java.	»	
		Singapoure.	Sumatra.	
			Australie. Malaisie. Bornéo.	
		Archipel indien. Tenaserim. Siam. Malacca.	Australie.	
		Malacca.	Sumatra. Bornéo. Molluques. Philippines.	
			Bornéo.	
[...]boue. Marana- [...] Pérou. Véné- [...]. Minas Geraes. [...]neiro. Rio Ne- [...] Pérou.				
»				
»				
»				
»				
»				
		Indo-Chine. Annam. Archipel indien.	Australie.	
		»	»	
		»	Australie. Malacca.	
		»	Australie.	
	Soudan français.	Assam.	Batavia.	
[...]ela (Terra cali- [...].				Importé des Indes orientales.
		Penang. Siam. Malacca.		
	Réunion.			

S'il est aisé de comprendre q
végétaux gummifères peut varie
ducteurs, leur âge, le milieu da
saison et même l'heure de la réc
hensible que la qualité du latex,
rive, peut aussi bien varier selon
mifère et suivant le procédé de
trouve disséminée.

Nous n'insisterons pas de nouv
producteurs de latex et nous nou
l'importance du végétal produc
variétés commerciales du caoutch
défauts de chacune d'elles.

Inutile non plus de nous appe
important que l'âge du sujet peut
chacun sait que l'extrême jeunes
toutes deux états préjudiciables à
végétal aussi bien que dans le rè
que, tandis que l'hévéa du Brésil
manière rémunératrice qu'à l'âge
plénitude de sa force génératrice q
ducité à la centaine, le Manihot
fruit à 10 ans et l'Urceola à la 3e an
que l'assolement, ou mieux ces tro
sans avoir de leur côté une certain
rendement en latex et de la qualité
manière générale, on puisse affirm
du latex n'est réellement rémunéra


Urceola
Castilloa Elastica
Ceylan

sacrées plus spécialement à l'acclimatation et à la culture rationnelle. Mais, dès à présent nous pouvons classer comme suit les principales espèces de caoutchouquiers suivant le climat naturel qui leur est le plus favorable

Amérique du Sud (Plaine).		*Hévéas.*
		Micrandras.
	(Hauteurs).	*Manihoots.*
		Hancornias.
Amérique Centrale.		*Castilloas.*
Afrique Occidentale.		*Landolphias.*
		Vahéas, Callotropis.
Afrique Orientale (et Centrale).		*Vahéas.*
		Landolphias.
Indes.		*Ficus.*
		Willughbeia, Cynanchum.
		Cameraria, Chavanesia.
Océanie.	Ficus.	*Ficus, Urcéola.*

On a longtemps admis que les terres marécageuses exposées à l'action du soleil des tropiques convenaient seules au développement des plantes gummifères. Cette assertion, qui est vraie pour l'hévéa de l'Amazonie, ne l'est pas pour l'hancornia ou mangabeira des terrains sablonneux de Pernambouc, de Maranhao et de Bahia, pas plus que pour le manihot ou manisoba (leitera) des roches arides et granitiques de la province de Céara. Ce dernier végétal résiste au temps le plus sec et lorsque toute autre végétation est détruite sous l'influence d'un vent brûlant, il prospère et fournit généreusement un suc rémunérateur.

Il faut cependant reconnaître que la végétation est beaucoup plus intense dans les terres exposées aux inondations ou détrempées par les pluies périodiques, et que l'action combinée de la chaleur et de l'humidité est essentiellement favorable au développement des plantes à caoutchouc. Si le sol sur lequel elles croissent est marécageux ou fortement détrempé par la pluie ou par le séjour prolongé des eaux provenant du débordement des rivières, le latex sera plus aqueux et par conséquent moins riche en gomme ; si, au contraire, le même végétal est situé dans un terrain sec, exposé à l'ardeur d'un soleil torride, le latex sera moins abondant et plus difficile à recueillir ; mais il donnera une plus grande proportion de gomme.

Du reste, cette influence d'un excès d'humidité entraîne des résultats peu satisfaisants au point de vue de la récolte lorsque les pluies ont persisté pendant une durée plus longue que la moyenne habituelle.

Quoi qu'il en soit, le rendement du latex en caoutchouc peut varier de 15 à 40 %$_0$: au-dessous de 15 %$_0$ on n'exploite plus les arbres, les résultats n'étant plus rémunérateurs.

La question de l'assolement nous conduit naturellement à celle

de la *culture rationnelle des plantes à Caoutchouc* et à celle de l'*acclimatation des diverses essences* d'un hémisphère à l'autre.

A ce point de vue, les Anglais, essentiellement pratiques et toujours jaloux de s'affranchir, dans la limite du possible, de payer tribut aux pays étrangers pour l'acquisition des matières premières nécessaires à leur industrie, n'ont pas hésité d'introduire dans leurs colonies asiatiques la culture raisonnée des arbres à caoutchouc et de tenter l'acclimatation des essences les plus appropriées au sol et au climat asiatique. Ces essais sont sur le point d'être couronnés d'un plein succès. Se proposant de faire de l'Inde le pays producteur par excellence du caoutchouc, ils y furent d'autant plus encouragés dans leur entreprise que plusieurs raisons contribuèrent à présenter ce dessein sous les couleurs les plus séduisantes. En Amazonie les arbres à caoutchouc venaient d'être exploités d'une manière si peu méthodique que nombre de sujets et des meilleurs étaient anéantis et que le séringueiro était contraint de s'enfoncer de plus en plus avant dans la solitude des forêts vierges. D'autre part, le gouvernement général brésilien aussi bien que les autorités locales des provinces productrices avaient imposé la gomme d'une taxe élevée à l'exploitation, puisqu'elle majorait le prix de la matière de 21 à 22 °/₀. (9°/₀ de droits généraux et 11 à 13 °/₀ de droits provinciaux). Cette majoration n'était d'ailleurs pas la seule: la formation d'un consortium de spéculateurs de Liverpool désireux d'accaparer le marché universel du caoutchouc, avait encore contribué à porter les prix de la matière première au-delà de ce qu'ils eussent été, si l'on eut suivi les règles ordinaires de l'offre et de la demande. Ces considérations devaient tenter un gouvernement soucieux des intérêts généraux de son industrie et de son commerce. Il existait bien une ombre au tableau : on objectait le prix de revient peu élevé du caoutchouc provenant de plantes à l'état sauvage. Qu'avaient à faire les récolteurs avec une culture rationnelle, lorsqu'ils n'avaient qu'à s'enfoncer de plus en plus dans la forêt vierge où une végétation abondante s'offrait à eux. Un colon peut-il espérer avec sa plantation, quelqu'intelligente qu'elle soit, pouvoir entrer en sérieuse concurrence avec un tel adversaire? Cette objection fut victorieusement combattue : si l'arbre producteur vient tout seul dans la forêt vierge, le récolteur n'a-t-il pas à entreprendre un voyage pénible de plusieurs semaines souvent pour arriver à lui et avant de trouver l'emplacement le plus convenable pour établir son carbet? Ne faut-il pas qu'il change souvent d'emplacement jusqu'à ce qu'il ait récolté une provision suffisante pour couvrir les frais de son voyage, de son séjour, ainsi que de son retour, sans parler du gain à réaliser, gain qui lui permette de vivre pendant la saison des pluies? N'est-il pas éloigné des comptoirs qui lui achèteront sa récolte, et les traitants, peu consciencieux, ne sont-ils pas là pour exploiter son extrême détresse au retour et acquérir à vil prix le produit de son travail? Quelques faibles que soient les besoins de l'Indien, il ne produira jamais à si peu de frais et avec autant de quiétude que le colon dans sa plantation fermée. Les

Anglais en avaient eu un exemple frappant dans la culture des quinquinas.

C'est pourquoi on passa outre à ces objections spécieuses, et on continua à marcher dans la voie où l'on s'était engagé. Il était naturel que les premiers essais se portassent sur la culture raisonnée de l'arbre à caoutchouc du pays lui-même : le *ficus indica*. Cette tentative était d'ailleurs devenue urgente par suite de la destruction de plus en plus complète par les récolteurs autochtones des sujets existants naturellement, et sous peine de voir périr à tout jamais cette branche de la production nationale, il fallait pourvoir au remplacement des arbres qui disparaissaient de plus en plus.

Les premiers essais de plantations fermées furent faites dans l'Assam en 1860. L'expérience fournissait des données suffisantes pour permettre de compter sur la réussite d'une entreprise de ce genre.

Ce n'est qu'à 25 ans que le ficus peut réellement fournir une récolte rémunératrice : à partir de ce moment, l'arbre fournira tous les 3 ans : en exiger davantage serait le condamner à un dépérissement rapide. A l'âge de 50 ans, chaque ficus pourra fournir une récolte triennale de 20 kg. de caoutchouc.

Ce calcul n'était pas séduisant, à considérer tout le temps d'attente nécessaire avant de pouvoir tirer profit d'une plantation. Des essais et analyses entrepris entre temps prouvèrent d'ailleurs que le ficus, par son essence même, ne pouvait, quels que fussent d'ailleurs les modes de préparation les plus parfaits, fournir un caoutchouc égal comme qualité à celui du Para et du Céara. Ces essais furent donc condamnés et les plantations d'Assam en restèrent là. On songea bien encore à l'urceola elastica de Bornéo dont le développement est si rapide que, dès la 3e année, il peut fournir une première récolte. Du reste, la plantation une fois établie, l'arbre ne demande plus aucun soin ultérieur. Mais sans en connaître la raison, il nous semble qu'aucun essai sérieux n'ait été tenté à ce sujet Il en est de même de l'Urceola esculenta dont les frais de premier établissement sont bien minimes et qui peut fournir dès la 7e année une récolte variant de 1/2 à 2 kg.

Les Anglais, frappés surtout des qualités vraiment remarquables des essences américaines, dirigèrent de préférence leurs efforts de ce côté : mais, chose étonnante, ils ne débutèrent pas dans leurs essais par l'hévéa brasiliensis, mais bien par le castilloa elastica, qui fournissait cependant une gomme bien inférieure.

En 1875, Robert Cross fut chargé par l'administration du jardin botanique de Kew d'une mission dans l'Amérique Centrale à l'effet de se procurer tant en boutures, plançons et semences, les diverses espèces de castilloas destinés à être multipliés en serre pour être ultérieurement répartis dans les diverses colonies anglaises. Ce système, adopté par les Anglais d'une manière générale pour toutes les plantes qu'ils cherchent à acclimater dans leurs établissements coloniaux, n'est cependant pas sans avoir un défaut : de ce qu'une plante réussit dans une serre parfaitement bien aménagée, sous la main des

jardiniers instruits et expérimentés, avec des soins qu'il n'est pas possible de donner en plein champ, il ne s'en suit pas que la même plante devra réussir infailliblement là où elle sera ultérieurement transplantée. De là des déceptions innombrables là où l'on avait tant de raisons pour espérer le succès. C'est ce qui arriva pour les castilloas. Tandis qu'ils prospérèrent dans les serres de Kew, ils dépérirent dans les plantations de l'Inde, faute des conditions climatériques et d'assolement de la mère patrie. Ces arbres prospèrent, en effet, surtout dans les épaisses forêts saturées d'humidité de l'Amérique Centrale, sur les bords des rivières du versant de l'Atlantique. Dans les régions productrices par excellence de cette essence, le bassin du Rio San Juan, il pleut environ 9 mois de l'année et c'est là la condition climatérique par excellence pour le parfait développement des forces productrices des castilloas. Ces arbres ne réussissent jamais dans un sol marécageux et se plaisent surtout en terre humide, mais arable. La reproduction se fait facilement par marcottes détachées de jeunes branches, mais ces marcottes ne prennent jamais une direction bien verticale.

L'année suivante, Robert Cross fut envoyé en Amazonie, chargé de recueillir des plançons et semences de l'hévéa brasiliensis. Malgré le mauvais vouloir des indigènes jaloux de garder le monopole d'une production éminemment rémunératrice, il réussit dans sa mission et l'hévéa vint augmenter les richesses du jardin d'acclimatation de Kew. Cette essence prospéra bien en serre, mais subit à son tour le sort des castilloas et pour les mêmes causes dans les plantations en rase campagne. Le fait était facile à comprendre : l'hévéa subissait sensiblement les mêmes conditions d'assolement que le castilloa. L'arbre peut bien vivre sur des terrains de constitution variée, mais il ne réussit bien que dans un sol d'alluvion riche, argileux, sur les bords de cours d'eau où l'humidité ne dégénère pas en marécage : l'écoulement régulier des eaux du sol est jusqu'à un certain point indispensable et dans les pays où le thermomètre accuse à midi 32 à 35° centigrades, mais ne descend jamais au-dessous de 22° C. Dans l'Amazonie il est rare qu'il se passe dix jours consécutifs sans pluie et chaque matin des nuages de brouillard enveloppent la végétation.

Or, ce n'est que dans le sud de Burmah que se rencontrent des conditions climatériques à peu près pareilles.

Mais il y a une autre condition essentielle dont on n'avait pas tenu assez compte dès l'abord : les contrées où l'on se propose d'établir une culture d'arbres à caoutchouc, doivent être hospitalières : il faut que l'homme y puisse vivre et supporter un travail aussi régulier que continu. Or, comme dans les régions propres à la réussite des castilloas aussi bien que des hévéas, l'Indien natif ne peut pas lui-même établir son domicile fixe, à plus forte raison le colon civilisé ne doit-il y songer. L'Amazonie et les rives du San Juan, pays producteurs entre tous d'arbres à gomme, sont vides d'habitants. Les seringueiros seuls les parcourent pendant la saison soi-disant sèche, minés par les fièvres, dévorés par les insectes, impatients du jour du départ. Ce fut là la cause déterminante la plus

péremptoire pour laquelle il fallut renoncer à la culture rationnelle de ces deux essences, non seulement dans l'Inde anglaise, mais encore dans leur propre patrie.

On fut plus heureux dans l'essai d'acclimatation de l'arbre produisant le Céara-caoutchouc, le manihot glazowii, qui prospère naturellement sur un sol pierreux où d'habitude ne peuvent vivre que ronces et buissons : il a bien besoin de chaleur, mais il supporte une sécheresse relativement grande. Son habitat naturel est dans les contrées les plus arides du Brésil où règne une température de 25 à 30° C.

D'après les essais entrepris à Ceylan, cette essence prospère même à une altitude de 1800 mètres au-dessus du niveau de la mer, n'exige pas un assolement trop spécial et se plie admirablement aux conditions climatériques de son pays adoptif : il réussit aussi bien sur le continent indien qu'à Ceylan, et c'est à juste titre que le manihot peut être considéré comme l'arbre à caoutchouc de l'avenir.

Sa graine est très épaisse, protégée par une coque très dure ; pour hâter la germination qui dure un an, on peut enlever à la lime les arêtes de ses extrémités : il est bien entendu qu'il faut un grand soin dans cette opération si l'on ne veut léser le germe. Ainsi préparée chaque graine est mise en terre ; on la plante à ciel ouvert à 75 millimètres l'une de l'autre, on recouvre le semis de 12 à 13 millimètres de terre et on donne un arrosage deux fois par jour en temps sec. Il est essentiel que le semis ne soit pas à l'ombre si l'on veut éviter la pourriture de la graine. Les plantes lèvent au bout de trois à quatre semaines et, dès que les jeunes pousses ont atteint 30 centimètres, elles sont bonnes à être repiquées définitivement sans autre précaution que de distancer les plançons les uns des autres de 3^{m}, 50 en tout sens.

Au lieu de limer les graines, opération toujours dangereuse, on peut se contenter d'un détrempage préalable dans l'eau froide pendant six jours : en ce cas la germination ne commence qu'à la quatrième semaine pour être terminée au bout de trois à quatre mois.

On peut aussi procéder par marcottage de jeunes branches : ces marcottes prennent facilement racine à condition toutefois qu'un œil au moins soit en terre et qu'un autre reste à ciel ouvert.

Dès à présent les horticulteurs et négociants en graines fournissent du reste au commerce, et à des prix très abordables, des plançons en caisses et des graines préparées.

Déjà la gomme provenant des plantations rationnelles de Ceylan arrive sur le marché de Londres où elle se trouve cotée de 5 fr. à 7,60 le kg, suivant qualité et demande.

Dans ces essais sans précédents, la pratique seule servait de guide. Un des résultats des plus importants acquis fut de pouvoir préciser l'âge du manihot pour pratiquer la première saignée ; l'expérience apprit que c'était à la cinquième année que la première incision fructueuse pouvait être entreprise et que, dès lors, on pouvait opérer un sujet deux fois par an et pendant trois jours consécutifs chaque fois.

Voici d'ailleurs quelques renseignements sur la culture de la station de Cocowate, Lunugalla, à Ceylan.

Superficie de culture : 12 hectares, arbres bien développés.

Arrêt dans la végétation. — La végétation s'arrête d'une manière régulière chaque année pendant les mois de juin et de juillet ; les feuilles tombent et semblent mourir. Mais peu après les bourgeons et le feuillage reparaissent plus beaux que jamais.

Graines. — A partir de trois ans, les arbres commencent à fleurir et à donner des graines, qui arrivées à maturité, tombent sur le sol où elles germent rapidement.

Récolte. — Les arbres encore trop jeunes ne produisent que fort peu : environ 500 grammes de gomme brute par an ; mais il est plus que probable qu'avec l'âge le rendement deviendra plus considérable : l'expérience seule nous le dira. Si cependant ce chiffre devait venir définitif, un hectare produirait annuellement 375 kg de Caoutchouc, ce qui, à raison de 5fr. par kil. donnerait par hectare un total de 1875 fr. dont le tiers, c'est-à-dire 625 fr. couvrirait les frais d'exploitation pour donner un bénéfice brut de 1250 fr.

DONNÉES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA PLANTE
PENDANT LES 5 PREMIÈRES ANNÉES

Age	Hauteur du tronc	Hauteur du tronc jusqu'à la naissance des branches	Circonférence à la base	Circonférence supérieure
1 an	5m,50		0m,24	0m,17 à 2m de hauteur
2 ans	8, 25	2m,50	0, 56	0, 35 »
3 ans	11	2, 75	0, 75	0, 60 »
4 ans	13	3, 20	1, 06	0, 62 à la naissance des branches
5 ans	15	6, 70	1, 16	

Ainsi qu'il est facile de le voir, la végétation est rapide, et la reproduction par semis est aisée grâce à une production abondante de graines reproductrices.

Des essais d'acclimatation et de culture raisonnée ont été également entrepris dans d'autres pays et particulièrement dans les possessions françaises. Si Jacques Duval a pu dire en son temps, au sujet de notre colonie de la Guyane que ; « Des cinq nations qui se partagent l'Amérique équatoriale, c'est la France, il faut le reconnaître, qui a administré sa conquête avec le plus de maladresse, et après trois siècles écoulés, notre œuvre en Guyane peut nous être jetée à la face comme une injure et un défi », il ne saurait parler ainsi au sujet de nos colonies récentes de l'Afrique occidentale et de la Cochinchine, de l'Annam et du Tonkin. L'administration coloniale s'y organise d'une manière plus pratique, nos administrateurs s'intéressent davantage à l'exploitation des richesses naturelles des provinces

qui sont soumises à leur tutelle, nos explorateurs, nos colons, nos négociants trouvent aide, encouragements et facilités, nos soldats et marins eux-mêmes comprennent mieux que le conquérant, dans la société moderne, n'est utile qu'autant qu'à côté de lui se trouve le civilisateur chargé de procurer de nouveaux débouchés commerciaux et industriels à la mère-patrie aussi bien qu'à la nouvelle colonie.

C'est ainsi qu'au Congo, les indigènes ayant eu recours à l'abattage des lianes à caoutchouc plutôt que de se contenter de la saignée plus ou moins méthodique, l'arbre producteur le Landolphia disparaissait chaque jour davantage des abords de la côte et du voisinage des stations navales, et cette disparition privait ainsi les immenses territoires de la zône cotière d'une source de revenus considérable. Un de nos savants compatriotes, E. Pierre, créateur du jardin d'essai de Liberville, a cherché lui aussi remède au mal par l'acclimatation, et comme à Ceylan, c'est sur le manihot que se sont portés ses efforts. La tentative de Pierre est en voie de succès, sa communication à la société de géographie commerciale de Paris en fait foi : « Un seul arbre que j'ai importé en octobre 1887 a d'abord donné 115 arbres dont la majeure partie ont, en ce moment, des troncs de 50 centimètres de circonférence et une hauteur de 7 à 8 mètres. L'arbre que M. de Brazza répand le plus qu'il peut chez les indigènes est d'un grand avenir pour le pays. L'arbre importé en 1887 est le père de 14 000-15 000 jeunes plants formés cette année. Plusieurs milliers de ces jeunes sujets ont déjà été distribués aux Pahouins les plus éloignés de la rivière du Congo. »

Le directeur du Jardin de Liberville compte pouvoir leur offrir d'ici peu plus de 200 000 pousses qui permettront de créer de nouvelles plantations.

Mais il est un fait à signaler, et qui nous a été communiqué de vive voix par M. Mazier, un des jeunes et hardis colons français établi, depuis quelques années dans l'intérieur des terres à N'Djolé sur l'Ogooué : il a bien été distribué aux Pahouins de jeunes pousses de manihot avec recommandation et renseignements pour la plantation et la culture ; mais les indigènes qui ne connaissent que leur intérêt et le bénéfice immédiat ont mis dans la plupart des cas les jeunes plançons de côté pour continuer, loin de toute surveillance, leur procédé barbare de destruction et de dévastation. En s'avançant un peu plus dans l'intérieur ils trouvent une récolte facile et abondante ; à quoi bon, dès lors, se livrer aux pénibles travaux de plantation et de culture et attendre pendant quelques années une récolte dont ils ne profiteront probablement pas. Il ne suffit donc pas de créer des pépinières d'essences excellentes de caoutchouquiers ni de distribuer sans discernement les jeunes arbres à l'indigène ; il faut, si on a réellement la ferme volonté d'arriver à un résultat pratique, que le colon, plus intelligent, plus prévoyant de l'avenir, se préoccupe de la surveillance des plantations dont il saura alors tirer un réel profit dans un avenir un peu plus éloigné.

D'après les études de M. Paroisse, le manihoot de Liberville n'est pas le même que celui de Ceara et de Ceylan, mais un manihot

natif d'une des îles voisines de notre colonie des rivières du Sud (1
En Cochinchine, où le sol et le climat sont admirablement di
posés pour recevoir des plantations rationnelles d'essences gumm
fères, les essais d'acclimatation n'ont pas non plus été négligé
M. Pierre, directeur du Jardin botanique du Saïgon, y a acclima
avec succès l'hévéa guyanensis : nous ne savons cependant pas si
transplantation en terre franche a mieux réussi qu'à Kew. I
Réunion aussi a vu ses essais d'acclimatation et de culture raisonn
de caoutchouquiers. Nous manquons malheureusement de rense
gnements sur la réussite de ces tentatives.

Le Pérou, la Colombie, Costa-Rica, à San Carlos, l'Amazon
elle-même ont fait leurs essais de culture raisonnée d'essences dive
ses et le succès a presque toujours répondu à la somme d'effor
dépensés. Mais qu'on le sache bien, et ici nous parlons surto
pour nos compatriotes, il ne suffit pas d'essayer ; il faut, comme l
Anglais, savoir persévérer, ne pas se décourager par une premièı
non réussite ni par une première dépense improductive. Si le succ
est certain, il peut se faire attendre un peu longuement : tout trava
de recherches amène toujours un résultat, mais ce résultat n'arri
presque jamais qu'au moment où l'expérimentateur a déjà presq
perdu toute espérance.

Quelle preuve plus palpable pouvons-nous donner de la véri
de notre dire que celle de Goodyear, désespéré et aux abois, q
trouve enfin la vulcanisation du caoutchouc et de suite après l
procédé de fabrication de l'ébonite ou caoutchonc durci !

(1) Au moment où nous terminons cet article il paraît que la question d
la culture rationnelle du caoutchouquier Céara avait eu un temps d'arrêt a
Congo. Heureusement, l'arrêt n'a pas été trop long, car voici ce que no
lisons à la date du 19 août 1894, dans divers journaux de Paris : « Le journ
officiel du Congo, arrivé aujourd'hui à Paris, publie un rapport du directe
du Jardin d'essai de Libreville duquel il résulte que les expériences sur l
germination des graines de caoutchouc (?) de Céara, commencées depuis lon
temps, ont été enfin couronnées d'un plein succès Après bien des tâtonnement
on a trouvé un procédé grâce auquel, après une préparation simple et pra
tique, ces graines, mises en terre et arrosées, lèvent en 8 jours. Le Jardi
possède environ 1 millier de petits plants qui pourront être cédés sous pe
aux planteurs. » S'agit-il de graines sciées comme cela se pratique déjà
Ceylan ? Nous l'ignorons.

CHAPITRE III

MÉTHODES D'OBTENTION DU LATEX — MODES DE PRÉPARATION DU CAOUTCHOUC BRUT

En dehors des causes générales dont nous avons parlé au commencement du chapitre II et dont l'influence peut faire varier de tant de manières la richesse du suc lactescent, il en est une toute spéciale, indépendante de l'influence des agents naturels, et qui ne dépend absolument que de l'intelligence de l'exploitant : nous voulons parler de la méthode employée pour récolter le latex ainsi que des procédés mis en œuvre pour extraire la gomme du suc récolté.

Méthodes d'obtention du latex.

Nous avons dit que le latex s'obtient en incisant l'arbre gummifère; cette opération paraît tout ce qu'il y a de plus élémentaire et, cependant, elle exige certaines précautions, non seulement au point de vue du rendement industriel immédiat, mais encore et surtout si l'on veut se préoccuper de la conservation et de la reproduction des sujets producteurs. Une opération plus ou moins intempestive peut aller à l'encontre du but que tout exploitant intelligent doit toujours se proposer : récolter le plus et le mieux possible, mais en même temps réserver les récoltes à venir.

Deux méthodes se trouvent en présence pour obtenir le latex :

1° L'abattage des arbres.

2° La saignée par piqûre ou incision.

L'abattage du végétal est une opération évidemment expéditive; mais elle est irrationnelle et barbare dans la généralité des cas : elle rendra des services immédiats, mais elle ne les rendra qu'une seule fois ; la nature après de longues années de gestation, aura mis à la disposition de l'homme un instrument de travail et de production, et d'un seul coup de hache cette pénible préparation sera annihilée, et il faudra de nouveau un long espace de temps pour réparer ce que l'imprévoyance, l'incurie et l'indolence du récolteur, jointes à sa cupidité, auront détruit.

Cette méthode d'opérer, usitée encore en Afrique, en Asie et surtout dans l'Archipel Indien, où le caoutchouc Bornéo ne s'obtenait pas autrement jusqu'en ces dernières années, est donc incontestablement condamnée; elle souffre cependant, peut-être, deux exceptions.

1° Dans le cas où, comme le prétendent les gommeros du Pérou, l'arbre à caoutchouc qu'ils exploitent (hancornia spéciosa) une fois incisé même légèrement est, par le fait même, irrévocablement condamné à périr. Selon eux, là où la saignée a été pratiquée, les insectes attaquent l'écorce et l'arbre ne tarde pas à mourir. Si, au contraire, on le coupe au ras du sol, des jets, dont la croissance est très rapide, repartent de la souche, de nouvelles tiges s'élèvent en bouquet et, au bout de quelques années, pour un arbre abattu on en retrouve un groupe. Comme l'abondance des arbres est grande, comme l'activité du récolteur est suffisamment entretenue par l'exploitation des sujets en pleine force et que, par un quasi accord tacite, on ne touche qu'aux tiges ayant plus d'un mètre de diamètre à la base, il paraît évident que ce mode d'obtention du latex a quelque chose de rationnel en l'espèce. Mais, outre que les bouquets d'arbres poussés d'une seule souche ne nous séduisent pas, nous ne pouvons comprendre comment l'arbre incisé périt au Pérou et continue à prospérer à Céara, à Ceylan, au Congo. Nous laissons à la sagacité de nos futurs explorateurs et naturalistes le soin de nous édifier à ce sujet : mais nous quittons le sujet non convaincus de l'excellence du procédé indien et persuadés qu'il y a mieux à faire.

Il existe un second cas où l'exploitation par l'abattage a sa raison d'être, à la condition qu'il ne se fasse qu'avec mesure et seulement temporairement : c'est lorsqu'il s'agit plus spécialement de la mise en valeur de forêts encore vierges comme, par exemple, celles de l'Afrique Centrale. On éclaircit alors ainsi avec profit un fourré inextricable où le récolteur ne pourrait autrement pénétrer, ni se mouvoir : l'abattage donne d'ailleurs en ce cas l'air et la lumière nécessaires à une végétation plus active, et si l'opération est conduite avec intelligence et mesure, le procédé n'a rien d'irrationnel. L'essentiel est de faire comprendre à l'indigène la limite à laquelle il devra s'arrêter son travail destructeur. C'est un point délicat auquel il sera difficile d'arriver.

La saignée par incision ou piqûre est une méthode infiniment plus rationnelle, mais encore faut-il qu'elle soit faite avec méthode et ménagement pour ne pas nuire au sujet producteur, ni à la qualité de la gomme à retirer du latex.

C'est le Brésil, et plus spécialement le bassin de l'Amazone et de ses affluents qui, jusqu'à ce jour, a produit la gomme la plus estimée comme pureté et comme qualité. C'est aussi dans cette contrée que la saignée semble avoir d'abord été pratiquée avec le plus de méthode : aussi nous attacherons-nous de préférence à décrire le procédé mis en pratique dans ce pays ; nous tâcherons d'en faire ressortir les avantages et nous le proposerons comme exemple chaque fois qu'il sera compatible avec le pays et les végétaux à exploiter.

Le procédé de saignée le plus primitif connu au Brésil sous le nom d'*arrocho* consistait à ceindre l'hévéa d'une corde assujettie obliquement, le nœud étant placé à la partie supérieure. Au-dessus de la ligature serrée à fond, on pratiquait de nombreuses incisions. La sève s'écoulait, descendait verticalement, puis, rencontrant la corde, suivait la petite rigole que cette dernière formait avec l'arbre et venait déborder au point inférieur au-dessous duquel se trouvait un récipient. Ce procédé était encore très dommageable pour les arbres : les seringueiros ne se donnaient pas toujours la peine de détacher les cordes et les hévéas, étranglés à leur base, ne tardaient pas à périr. Le suc d'ailleurs faisant un grand trajet le long de l'arbre entraînait avec lui mousses, débris de bois et autres impuretés qui se retrouvaient ultérieurement dans la gomme.

L'incision était faite avec un sabre d'abattis, une serpe, un coutelas pénétrant plus ou moins profondément dans le tronc, et là où le sujet n'était pas mortellement blessé, il était ou insuffisamment entaillé et ne donnait qu'un latex insuffisant, ou trop profondément et facilitait ainsi l'addition au suc lactescent d'autres sucs plus ou moins préjudiciables à la pureté de la gomme et surtout à sa conservation ultérieure. Ce procédé a été abandonné presque complètement.

La saignée, telle qu'elle se pratique actuellement dans la vallée basse des Amazones est la mieux entendue, la plus raisonnée. Tous les auteurs traitant du caoutchouc l'ont plus ou moins complètement décrite : c'est à MM. Carrey et Chappel que revient l'honneur de l'avoir présentée de la manière la plus intelligible et la plus méthodique.

Le seringueiro se rend à son travail dès que le jour commence à poindre, c'est-à-dire vers cinq heures du matin. Si l'estrada (100 à 150 hévéas) qu'il se propose d'exploiter est assez éloignée de son carbet, il a pris soin d'apporter la veille les ustensiles nécessaires à son travail. C'est d'abord le *machado* (la machète) petite hache à manche raccourci, dont la tranche n'a pas plus de trois centimètres de largeur avec une arête vive de cinq millimètres environ, le sceau et les *tigelinhas*, petits gobelets en fer blanc

Le seringueiro ou cauchero, comme on le désigne aussi quelquefois, est le plus souvent accompagné soit de sa famille, soit d'un ou de plusieurs aides, et rarement il opère seul, circonstance contraire à un travail rémunérateur.

Après avoir préalablement bien nettoyé la surface extérieure du tronc à inciser, après avoir bien déblayé le sol qui entoure le pied du végétal, il commence la saignée : d'un seul coup droit de la machète, il entaille l'écorce, juste assez pour que le lait s'écoule, mais sans que la blessure mutile l'arbre. Il frappe le même tronc à une douzaine de places, en ayant soin de ne jamais enfoncer son fer à plus de quelques centimètres d'épaisseur, selon le sujet. La disposition du machado, dûe au sens pratique des Américains du Nord, est d'ailleurs bien choisie pour atteindre le but proposé, et c'est à juste titre que E. Carrey a pu dire que « cette petite hachette a sauvé de la destruction plus de hévéas que toutes les lois protec-

trices des assemblées brésiliennes ». Depuis que les récolteurs des Amazones ont adopté cet instrument qui ne fait que des incisions uniformes, étroites et faciles à pratiquer, la plupart d'entre eux ont renoncé aux autres outils à l'aide desquels ils martyrisaient en tout sens le tronc des hévéas.

Quelques récolteurs font des incisions en forme de V, d'autres font des sections selon des lignes courbes espacées les unes des autres par des intervalles de 20 centimètres environ. Un grand nombre enfin se contentent d'inciser l'arbre verticalement en le frappant aussi haut que le bras peut atteindre et en répétant les coups jusqu'à affleurement au sol.

Nous insistons beaucoup sur l'incision toujours régulière dans le sens vertical : jamais le seringueiro ne devrait s'en écarter : l'expérience a prouvé qu'un arbre incisé d'une manière irrégulière fournit bien sa récolte une première et une deuxième année, mais que dès la troisième année le lait devient moins abondant pour tarir bientôt complètement.



Fig. 9. — Machète.

Les incisions répétées n'affectent pas le végétal quand elles sont faites avec soin ; on peut voir nombre d'hévéas criblés de cicatrices, à ce point qu'il ne reste plus une place large comme la main qui ne soit entaillée, et malgré ces assauts répétés, l'arbre conserve un aspect florissant. Un arbre de $1^{m},25$ à $2^{m},50$ de circonférence à sa base supporte très bien 10 à 20 incisions tous les deux à trois jours au maximum : une incision quotidienne ne fournirait plus qu'un rendement insuffisant. Aussi l'estrada de 150 arbres est-elle généralement divisée par le seringueiro en trois séries dont chacune est exploitée successivement tous les trois jours. Si l'estrada est plus petite et ne compte que 100 sujets, l'opération se fait tous les deux jours. La saison entière comporte en tout 20 saignées par arbre et par année : en allant au-delà, on affaiblirait trop le sujet et on compromettrait la récolte suivante. Un homme avec son équipe exploite généralement l'estrada entière ; mais ce nombre n'a rien d'absolu : tout dépend de l'activité du récolteur et de la proximité des arbres les uns des autres. Une condition essentielle est de n'avoir que peu de chemin à faire d'un arbre exploité à un arbre à exploiter.

La récolte peut se faire en toute saison, mais elle a lieu principalement depuis fin août jusqu'au 1er janvier. En dehors de cette saison,

le rendement n'est pas rémunérateur. Généralement les travaux commencent dès le matin aux premières lueurs du jour : les arbres, rafraîchis par les brises nocturnes, saignent plus abondamment qu'à aucune autre heure du jour. Dans quelques localités cependant le seringueiro préfère inciser à l'entrée de la nuit pour faire la cueillette dès le matin.



Fig. 10. — Tigelinha (godet pour recueillir le latex).

La saignée se pratique à portée de la main, c'est-à-dire depuis 0m,300 jusqu'à 1m,800 au-dessus du sol. Les incisions faites, l'ouvrier fixe au-dessous de chacune d'elles les tigelinhas qu'il fait adhérer au tronc en les scellant avec un peu d'argile plastique dont il s'est pourvu préalablement.

Chaque incision régulière à la machète distille son latex goutte à goutte pendant 1 à 3 heures, de façon à donner 3 centilitres de lait. Cette quantité n'est pas absolue et peut varier selon que l'arbre est en pleine vigueur ou à son déclin. Le rendement diffère d'ailleurs selon les années : la durée prolongée des pluies ou de la sécheresse excessive influe sur l'écoulement du jus lactescent, de même que la situation de l'entaille, selon qu'elle est à l'ombre ou au soleil, peut déterminer une coulée plus ou moins abondante. Ceci explique jusqu'à un certain point la préférence de certains indiens pour l'incision nocturne dont nous venons de parler. D'un autre côté, les pluies d'orage qui ont lieu presque quotidiennement et qui influent d'une manière si préjudiciable sur la qualité du latex récolté n'ont pas lieu nuitamment, et c'est là encore une des causes de la préférence du récolteur pour l'heure choisie. L'indigène prétend d'ailleurs avoir observé que la coulée est plus abondante aux époques de pleine lune qu'à tout autre moment. Nous ignorons jusqu'à quel point cette assertion peut être fondée ; nous n'hésitons cependant pas à l'enregistrer ; dans le cours de notre carrière, nous avons souvent eu l'occasion de voir des cultivateurs de nos pays et des moins instruits, les anciens, selon un mot vulgaire, fournir des indications extrêmement curieuses basées sur des observations presque toujours météorologiques et telluriques : la science les a souvent expliquées et les a presque toujours acceptées.



Fig. 11. — Seringueira saignant un caoutchouquier (Hévéa) avec la machète et fixant les tigelinhas.

Une estrada de 150 arbres peut en moyenne fournir par saignée 32 litres de lait, soit 36 kg de caoutchouc brut, qui, au prix moyen de 5 francs le kg, constituent un rendement de 180 francs. Étant donné qu'on pratique annuellement 20 saignées, la saison produira un revenu brut de 3 600 francs.

Les procédés de saignée sont à peu près identiques dans le Haut-Amazone, sauf que les instruments sont plus rudimentaires et que les soins pris à ménager le végétal sont moins bien observés. Le récolteur cherche d'ailleurs à s'entourer du matériel le moins encombrant au fur et à mesure qu'il s'enfonce davantage dans la solitude. Une calebasse sert de seau, un coquillage de tigelinhas, et la hachette américaine fait souvent place à l'ancienne hache au fer large et recourbé, si funeste aux arbres à caoutchouc.

À peu de variantes près, la méthode de saignée est la même pour toute l'Amérique du Sud : la disposition, l'étendue, la profondeur des incisions ne sont pas toujours identiques, la manière de récolter le suc sécrété diffère, mais le principe est toujours le même.

Dans l'Amérique Centrale, où l'arbre producteur principal change complètement de nature (Castilloa elastica), l'incision proprement dite est souvent remplacée par la piqûre, blessure plus petite faite avec une hachette de dimensions encore plus infimes que celles de la machète.

En Afrique, les méthodes d'incision diffèrent presque d'une localité à l'autre, mais on peut affirmer que jusqu'en ces derniers temps elles se sont faites toujours et partout d'une manière très imparfaite et peu rationnelle. Le produit qui, de sa nature même, a déjà souvent une certaine infériorité sur les gommes de l'Amérique du Sud et principalement de l'Amazonie, perd ainsi encore de sa valeur par le mélange d'une résine étrangère provenant d'une incision trop profonde, cette résine détermine le plus souvent l'altération du caoutchouc. Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur ce sujet.

En Asie et principalement là où le caoutchouc est tiré des différentes variétés de ficus, l'incision se pratique à la partie inférieure du tronc et sur les racines émergeant du sol : sa forme est elliptique et pénètre jusqu'au liber : elle est longue de 150 à 450 centimètres et atteint une profondeur de 73 centimètres. Le rendement en latex varie suivant la saison : de février à mars le suc lactescent est peu abondant, mais sa teneur en gomme est considérable : aussi est-ce le moment où l'exploitation est la plus fructueuse. Il en est à peu près de même en août, époque à laquelle le latex donne un rendement de 30 °/₀, mais qui diminue pendant les autres mois jusqu'à 10 °/₀.

En Océanie, on suit en partie les procédés asiatiques d'incision lorsqu'il s'agit d'essences similaires de celles exploitées dans ces parages, soit les procédés primitifs d'abattage si communs partout où le manque de bras, joints à l'imprévoyance ou l'indolence des pouvoirs publics locaux, abandonne l'indigène ignorant à sa propre initiative. C'est surtout sur l'urceola elastica liane, qui dans ces pays atteint souvent un diamètre égal à celui du corps humain, que s'exercent ces ravages inconsidérés. L'arbuste est débité en mor-

ceaux de $0^m,125$ à $0^m,800$ environ, qui sont placés au-dessus de grands récipients destinés à recevoir le suc qui en découle. Si le suintement se ralentit ou ne marche pas au gré du récolteur, la chaleur d'un feu de brindilles vient activer la marche de l'opération.

En ce qui concerne plus spécialement l'urceola esculenta, la saignée méthodique telle qu'elle devrait être faite consisterait à pratiquer dans le corps du végétal des incisions en forme de V, entailles de 1 à 2 centimètres de hauteur sur 3 à 4 de profondeur. Ces entailles devraient traverser l'écorce et s'arrêter au contact du bois.

L'étude au microscope de fragments d'écorce trouvés dans la masse démontre amplement la nécessité de cette méthode ; en effet,

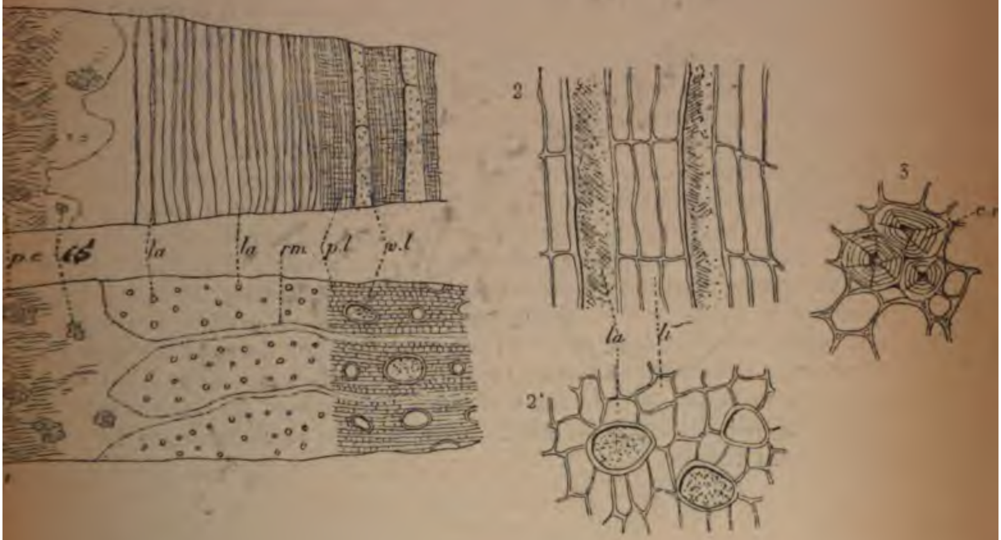


Fig. 12.

1, 1'. Coupe longitudinale et transversale de l'Urceola elastica ; *su* : suber, *pc* : Parenchyme cortical, *cs* : cellules scléreuses. *la* : laticifères, *rm* : rayons medullaires, *pl* : parenchyme ligneux, *vl*, gros vaisseaux ligneux remplis de latex.
2, 2'. Détail de lacticifères sur les coupes transversale et longitudinale dans l'écorce de l'Urceola elastica ; *la* : laticifère, *li* : liber.
3. Détail des cellules scléreuses dans l'Urceola Elastica ; *cs* : cellules scléreuses.

nous y rencontrons au-dessous du suber Sn. qui forme la limite externe : 1° une couche scléreuse épaisse CS comprenant une dizaine de rangées de cellules en lignes radiales ; 2° un parenchyme abondant *p c* présentant çà et là des amas de cellules scléreuses CS, enfin un liber entièrement mou *li* très volumineux, constituant à lui seul la moitié de l'épaisseur de l'écorce, très riche en laticifères To, surtout dans les parties jeunes. Les incisions devront donc

s'étendre jusqu'au cambium pour intéresser tous les laticifères et assurer le rendement le plus considérable.

Tels sont, rapidement esquissés, les différents procédés usités pour l'obtention du latex. Nous n'avons pas à revenir sur l'influence qu'ils peuvent avoir sur la conservation des sujets producteurs de la gomme. Nous croyons avoir suffisamment démontré toute l'importance d'une exploitation rationnelle à ce point de vue. Il en est de même de la quantité de latex à obtenir et du rendement de ce dernier en gomme.

D'un autre côté, une saignée bien entendue n'est pas non plus sans avoir une grande importance au point de vue de la qualité du caoutchouc à retirer d'un latex et surtout de sa conservation à l'état brut. Une incision trop profonde, trop étendue, peut atteindre le liber, le mettre trop à nu et amener, sinon la mort, du moins le dépérissement du végétal ; elle peut encore permettre à certains sucs se trouvant plus avant dans l'intérieur du sujet attaqué à se mélanger au latex à la sortie de la plaie, par suite altérer sa pureté naturelle et influencer même ultérieurement sa constitution chimique première, le couvertir en un corps de composition chimique différente. Mais là où cette influence est manifestement funeste, c'est quand le latex a été obtenu par abattage. Dans ce cas le lait se trouvera forcément mélangé avec les autres sécrétions que pourra fournir le végétal, qu'elles soient sucrées, amylacées, protéiques, tannantes ou résineuses, et selon ce qu'elles seront, elles auront une influence plus ou moins défavorable sur le caoutchouc industriel et sur les qualités que le commerce en exige. Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet pour ne pas nous répéter dans la 2me partie de ce chapitre lorsque nous traiterons des divers modes de préparation de la gomme une fois le latex obtenu. Nous abordons donc la question des procédés mis en œuvre pour extraire le caoutchouc du suc lactescent récolté.

Modes de préparation du caoutchouc commercial.

Considérations préliminaires. Nous regardons cette partie de notre travail comme une des plus importantes, mais en même temps comme des plus délicates et ce n'est pas sans une certaine hésitation que nous l'abordons. Tous les écrivains français qui ont traité ce sujet se plaisent à reconnaître que la généralité des procédés d'extraction du caoutchouc sont défectueux et nuisent considérablement à la qualité marchande du produit, ce qui a pour effet de restreindre l'emploi de ce dernier. Mais notre littérature technique se contente le plus souvent de signaler le mal sans en approfondir les causes d'une manière méthodique, et sans indiquer le remède dans la limite du possible. Et cependant, quelle importance un tel travail n'aurait-il pas, non seulement pour l'industrie et le commerce général de la métropole, mais encore et surtout au point

de vue de la prospérité de notre immense empire colonial des tropiques. Ce dernier nous fournit les meilleures essences d'arbres gummifères, et malgré cela, nous sommes loin d'être au premier rang comme producteurs de cette matière si précieuse. La Guyane française récèle d'immenses provisions d'hévéas, l'arbre par excellence du caoutchouc de 1re qualité. Le climat est celui de l'Amazonie et malgré les objurgations sans cesse répétées du plus sympathique de nos explorateurs, M. H. Coudreau, le commerce ne connaît pas le caoutchouc de la Guyane et le peu de gomme que notre colonie peut produire va simplement se confondre avec la marque Para qu'elle égale d'ailleurs à tous les points de vue. Mais aussi pourquoi la Guyane est-elle colonie française depuis 1604? Saint-Amant l'a bien dit : « Si la Guyane, au lieu d'être une vieille terre, était une découverte moderne, on s'y précipiterait avec fureur. » Cette colonie délaissée, pénitencier maudit, fuie par le colon libre, n'est pas plus malsaine dans l'intérieur des terres que le Congo et le Soudan. D'où vient donc cet abandon et l'espoir si souvent et si chèrement caressé par Coudreau ne se réalisera-t-il enfin? Les paroles d'Alexandre de Humboldt répondront à ces questions : « L'imperfection des institutions politiques a pu, pendant des siè-« cles, convertir en déserts des lieux où le commerce du monde de-« vrait se trouver concentré, mais le temps approche où ces en-« traves disparaîtront. Une administration vicieuse ne pourra pas « toujours lutter contre les intérêts réunis des hommes. Les émi-« grants d'Europe afflueront un jour dans les régions équatoriales « de l'Amérique, contrées dont la nature a elle-même annoncé la « magnifique destinée par la configuration du sol, par l'embranche-« ment prodigieux des fleuves et par la proximité des deux mers « qui baignent l'Europe et l'Asie. »

Nos colonies du Sénégal, du Soudan, des Rivières du Sud, du Congo, de Nossi-Bé, de la Réunion, nos pays de protectorat de Madagascar et du Centre Africain sont couverts de végétaux produisant la gomme, aussi bien que la Cochinchine, l'Annam, le Tonkin, sans parler de nos possessions océaniennes. Les essences qu'elles fournissent peuvent rivaliser avec celles des pays les plus réputés, et cependant, faute de direction suffisante, faute de pionniers hardis et surtout bien au courant des meilleures méthodes à appliquer pour chacun des cas spéciaux qui se présentent, toutes ces richesses naturelles ne sont que médiocrement ou mal exploitées et ne fournissent encore qu'une somme de transactions bien minime comparativement à celle dont elles seraient susceptibles sous une impulsion plus suivie et surtout plus méthodique. Que l'on ne nous accuse pas d'exagération : nous laissons la parole à M. René Bobet, qui s'exprime ainsi dans son petit ouvrage : *Le Caoutchouc et la Gutta Percha à l'exposition de 1889*. « Les échantillons apportés « de Mayotte, de Nossi-Bé et du Sénégal sont de qualité moyenne, « les *produits exposés par Dinah Salifou sont tout à fait remar-« quables;* ceux de la Réunion et de Madagascar sont les uns passa-« bles, les autres médiocres et mous; il serait facile d'améliorer « leur condition en apportant quelques soins dans les procédés de

« dessiccation. *Certains caoutchoucs de Madagascar sont fermes,* « *nerveux et absolument de première qualité*; enfin les caoutchoucs « de Gabon, d'Assinie et du Congo français sont poisseux pour la « plupart, sauf cependant la *boule de Casamance et la galette d'As-* « *sinie :* ces deux derniers échantillons forment une heureuse ex- « ception parmi les produits du Gabon et du Congo *et prouvent que* « *ces contrées sont susceptibles de fournir un bon caoutchouc quand* « *la récolte est faite avec soin.* »

Après avoir signalé le mal voici comment l'auteur propose d'y porter remède : « Il serait utile d'améliorer les procédés de coagu- « lation employés dans nos colonies : pour cela il faudrait étudier « la nature et les propriétés du latex, puis faire quelques essais de « coagulation permettant de fixer la meilleure méthode à suivre. « En supposant que ces expériences ne puissent être faites sur « place, le service local des colonies trouverait facilement à les faire « exécuter en France » (ni les bras, ni les talents, ni les bonnes volontés n'y manqueraient) ; « et dans ce cas il conviendrait de « fournir les échantillons et les renseignements suivants :

« 1° Envoyer un échantillon du caoutchouc, tel qu'il est récolté « actuellement ; indiquer, si possible, le procédé employé par les « indigènes pour extraire et pour coaguler le suc laiteux.

« 2° Envoyer une certaine quantité de latex, tel qu'il s'écoule de « l'arbre au moment de l'incision. Afin pour que ce lait ne s'altère « pas pendant le voyage, il est indispensable de l'additionner d'une « petite quantité d'ammoniaque et de renfermer le mélange dans « une bouteille ou tout autre récipient hermétiquement clos.

« 3° Communiquer feuilles, fleurs, fruits et graines de l'arbre « d'où le lait aura été extrait, indiquer si possible le nom de l'arbre « et l'espèce à laquelle il appartient ; faire connaître la saison pen- « dant laquelle les échantillons ont été récoltés, etc. A l'aide de ces « renseignements il serait possible d'arrêter le traitement qu'il con- « viendrait de suivre pour récolter et coaguler le suc laticifère dans « les conditions les plus favorables. Ces notions, répandues ensuite « par les soins du gouvernement de la colonie, rendraient les plus « grands services aux indigènes et à la colonie elle-même, car elles « donneraient à certaines sortes une valeur bien supérieure à celle « qu'elles possèdent actuellement. Par suite de l'énorme quantité « d'arbres à caoutchouc que renferme l'Afrique équatoriale, le com- « merce de cette matière dans ces contrées, et particulièrement dans « nos colonies, est appelé à prendre les plus grands développements « *mais à la condition que les gommes livrées soient de bonne qua-* « *lité. Dans ce cas seulement la demande augmentera et les* « *comptoirs établis sur les côtes, trouvant un écoulement assuré,* « *seront disposés à payer plus cher les caoutchoucs apportés par les* « *indigènes, ce qui stimulera leur zèle.* » Pour notre part, nous nous rallions pleinement aux propositions de l'auteur et nous croyons que si elles étaient mises à exécution ce serait un grand pas de fait dans la voie de l'amélioration des qualités du caoutchouc brut. Mais le travail serait insuffisant si, en regard de ces instructions, l'on n'établissait un état comparatif méthodique et critique des pro-

cédés actuellement en usage pour la coagulation du latex et la préparation de la gomme marchande. James Collins en Angleterre, le Dr F. de Hœhnel en Allemagne l'ont partiellement entrepris : nous essayerons à notre tour, nous aidant de leurs travaux et de leur expérience, d'étudier le sujet d'une manière aussi complète que possible.

Après avoir exposé la classification méthodique des procédés de coagulation généralement en usage, nous étudierons chacun d'eux dans ses détails afin d'en tirer les conclusions rationnelles : nous signalerons les résultats qu'ils pourront donner au point de vue de la qualité du produit commercial. Incidemment nous serons amenés à puiser abondamment dans un travail remarquable de M. J. Morrellet, qui, avec son urbanité bien connue, a bien voulu mettre à notre disposition son expérience et le résultat de ses travaux micrographiques. Qu'il en reçoive ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Le latex obtenu soit par abattage des végétaux soit par saignées ne fournit le caoutchouc qu'il tient en suspension que s'il est soumis à un procédé spécial de coagulation qui peut varier d'un pays à l'autre et dans le même pays d'une province à l'autre, d'une rive de fleuve à l'autre rive ; il n'est donc pas rare que des gommes provenant du même pays, des mêmes végétaux, possèdent des qualités toutes différentes selon les procédés de coagulation auquel le suc lactescent aura été soumis.

Les procédés si divers peuvent néanmoins se classer, au point de vue des effets produits, en quatre groupes principaux qui eux-mêmes pourront se subdiviser en sous-groupes ayant quelques affinités entre eux. Ci-contre le tableau des méthodes actuellement en usage pour la coagulation du latex avec leurs subdivisions. En regard de chacune d'elles nous indiquons les pays où le procédé mentionné se trouve appliqué actuellement ou l'a été autrefois.

COAGULATION DU LATEX

1. Par la chaleur.	α. Chaleur artificielle.	I. Chaleur sèche ou enfumage :	Amazonie, Nouvelle Calédonie.
		II. Chaleur humide :	Mexique, Amérique centrle.
	β. Chaleur naturelle.	I. Absorption du sérum par le sol :	Angola.
		II. Absorption du sérum par le corps humain :	Congo, Angola.
		III. Évaporation sur surfaces planes :	Ceara, Angola.
2. Par l'écrémage.	γ. Écrémage après dédoublement avec son volume d'eau :		Bahia.
	δ. Écrémage après repos, dédoublement avec 4 à 5 volumes d'eau, soutirages, lavages et compression :		Congo.

3. Par la sélection. ε. Sélection chimique par réactifs minéraux : Matto Grosso, Pernambouc, Maranaho.

ζ. » Chimique. » végétaux : Pérou, Guatémala, Nicaragua, Gambie, Madagascar, Casamance.

4. Par la chaleur naturelle ou artificielle et la sélection chimique combinées : Gambie, Sénégal, Mozambique.

5. Par barattage.

A ce tableau des méthodes employées nous ajoutons sous le n° 5 un procédé par barattage proposé par M. Rousseau, procédé dont nous parlerons vers la fin de notre travail, mais qui, en tout cas, n'a pas reçu la consécration de l'expérience.

1. α I. — PROCÉDÉ DE COAGULATION DU LATEX PAR LA CHALEUR ARTIFICIELLE SÈCHE OU ENFUMAGE

Ce procédé est celui usité dans l'Amazonie pour l'obtention du caoutchouc de Para, l'espèce la plus réputée des gommes élastiques tant au point de vue de leur pureté que de leur nervosité et de leur élasticité. Il est aussi adopté dans beaucoup d'autres localités du Brésil, au Venézuéla, dans les Guyanes et sert surtout lorsqu'il s'agit d'extraire le caoutchouc du latex des hévéas et des micrandras. Jusqu'à nouvel ordre ce procédé est le meilleur de tous ceux employés à ce jour : nous l'étudierons avec soin dans ses moindres détails, car, certaines particularités peuvent paraitre oiseuses à première vue lorsqu'au contraire elles ont une réelle importance.

La saignée terminée, le récolteur ou une des personnes qui le secondent, muni d'un sceau ou d'une grosse calebasse de Cuya entourée d'un filet à mailles ouvertes et garnie d'une corde nattée qui sert d'anse, détache un à un les tigelinhas ou goblets, les vide dans le récipient dont il est muni et les remet en place. Il quitte alors l'arbre dont il vient de recueillir le latex, mais non sans avoir minutieusement inspecté les entailles faites dont les lèvres sont souvent obstruées par une pellicule de latex coagulé par la chaleur naturelle, pellicule qui arrête l'écoulement ultérieur du liquide lactescent. S'il y a lieu, il retire cette pellicule qu'il place à part sur le bord de son récipient collecteur, rafraichit la blessure et passe alors seulement à un 2me et à un 3me sujet pour y répéter le même travail jusqu'à ce que le seau se trouve suffisamment rempli. Si le carbet du seringueiro se trouve à proximité de l'estrada exploitée, la récolte est simplement versée telle quelle dans un baquet collecteur sans qu'il y ait lieu de prendre d'autres précautions ; si, au

contraire, la distance à parcourir de l'estrada au carbet est assez éloignée, le cauchero prend la précaution d'additionner le latex d'environ 3 °/₀ d'ammoniaque liquide : il empêche ainsi un commencement de coagulation qui pourrait se produire, surtout si le trajet a lieu en plein jour et au soleil. Lorsque la récolte est suffisante, on procède à la préparation proprement dite du caoutchouc, *à l'enfumage*.



Fig. 13. — Calebasse (collecteur de latex).

A cet effet, l'ouvrier dispose son *fumeiro* sur un foyer creusé dans le sol préalablement déblayé des herbes, broussailles et feuilles qui l'encombrent. Le fumeiro est un fourneau en terre cuite surmonté d'un court tuyau conique appelé bouillon, de diamètre assez restreint pour ne pas donner trop d'envergure à la fumée. Il remplit le foyer de branchages cueillis à l'avance et il y met le feu. Dès que la fumée se dégage suffisamment dense et épaisse, ce que l'indien reconnait en y introduisant la main, le seringueiro jette dans le foyer des noix de palmes dont il a eu soin de se munir à l'avance en quantité suffisante et qui se trouvent d'ailleurs toujours à proximité du lieu de son travail. Les noix sont les fruits du palmier *Urucury ou Uauassu* (Attalea excelsa et Manicaria saxifera) qui sont aussi connues dans quelques localités sous le nom de *Carosses de Rocouri*. A leur défaut, on se sert du fruit du Maximiliana regia. (Ce n'est que dans les Bas-Amazones, c'est-à-dire dans les pays où la préparation du caoutchouc naturel est la plus soignée, que l'on a recours à l'emploi de ces noix. Partout ailleurs l'on se contente d'un enfumage avec le branchage des arbustes qui sont à portée de main).



Fig. 14. — Fumeiro (fourneau à enfumage.

Dès que la fumée se dégage avec abondance du bouillon, le cauchero saisit *la forme ou palette*, instrument en bois ayant l'apparence d'un battoir de lessiveuse, mais dont le manche à une longueur qui varie entre un ou deux mètres. Il expose un instant cette forme par son extrémité large et aplatie à la fumée, ou l'humidifie avec une eau chargée d'un peu de glaise délayée et la plonge ensuite dans le baquet rempli de latex qui se trouve à sa portée, le plus proche possible du fumeiro. Après avoir été égoutté suffisamment, la forme à laquelle adhère alors une légère couche de latex est de nouveau présentée à la fumée de manière que les deux faces de la palette subissent également l'action de l'enfumage. Sous l'influence de la chaleur, le latex se coagule



Fig. 15. — Palette ou forme à présenter au fumeiro.

presqu'instantanément, l'eau mère s'évapore laissant sur la
une première pellicule de caoutc
Si l'opérateur juge la coagulatio
fisante et uniforme, il retour
forme au baquet comme la pre
fois et répète ainsi son va et
continuel du baquet au fumei
du fumeiro au baquet jusqu'à c
la couche de caoutchouc coagu
atteint l'épaisseur désirée, ce q
rive généralement dans le Bas-
zone lorsque le pain formé est
au volume d'un pain de munit
pèse environ 5 kilog. A ce mom
dégage son outil en fendant le
dans le sens de son axe à la part
périeure avec la pointe d'un co
préalablement mouillé et recomi
alors la confection d'un nouveau
jusqu'à épuisement de la provisi
lait récolté. Un ouvrier peut ainsi préparer 2 1/2 à 3 kilos de c
chouc en 1 heure. Ces blocs ainsi fen
que l'on connaît dans le commerce s
nom de biscuits sont encore assez hu
Pour les sécher, l'ouvrier les place a
cher du soleil sur les branches des
qui se trouvent sous sa main et répète
opération jusqu'à siccité complète, c
n'arrive qu'après quelques jours.



Fig. 16.— Ouvrier se livrant à l'opération de l'enfumage.

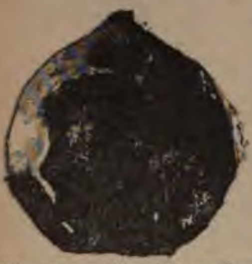


Fig. 17. — Caoutchouc brut en biscuits.

Ainsi préparés, les biscuits sont livr
commerce sous le nom de Para fin. Au
on les présentait sur les marchés eur
sous forme d'animaux et de figurines
18), aujourd'hui la forme des biscuits comme Fig. 17 est
nante.

La partie la plus pénible de ce mode de coagulation est san



Fig. 18. — Caoutchouc brut. Animaux et figurines des débuts de l'indus du caoutchouc.

tredit l'enfumage, mais c'est aussi l'essence du procédé qui,
nous, contribue surtout à donner au caoutchouc de Para cet
putation universelle et méritée dont il jouit sur nos marc
dans nos usines.

Voici la composition du latex frais servant à préparer le caoutchouc Para :

Cette donnée est nécessaire pour la parfaite intelligence de l'économie du procédé que nous venons de décrire pour l'obtention du caoutchouc tiré du latex des hévéas et du micrandas.

Gomme élastique	32 %
Matières organiques putrescibles et matières minérales . . .	12 %
Eau	55 à 56 %
Ammoniaque	Traces
(auxquels on additionne qqfs. jusqu'à 3 % d'ammoniaque liquide)	
Matières résineuses	Traces

Ce latex, nous le reconnaissons volontiers, a des qualités spéciales que ne peuvent donner d'autres essences ; mais aussi, que de soins mis à recueillir le liquide sécrété, que de précautions bien entendues prises dans le mode de sélection pour éviter les pertes tant par l'élimination de l'eau-mère (ou sérum), que par l'antiseptisation des matières putrescibles ou fermentescibles : aussi arrive-t-on facilement à mettre la matière à l'abri des réactions secondaires qui pourraient se produire et à lui conserver intactes toutes les propriétés qui font sa réputation.

En l'espèce l'action secondaire la plus à redouter c'est celle due à la présence de matières albuminoïdes protéïques fermentescibles ou putrescibles. Or, du premier coup, sans aucune donnée scientifique et pour ainsi dire instinctivement, les autochtones brésiliens ont trouvé le meilleur procédé pour paralyser cette action secondaire.

Par l'intervention méthodique et souvent répétée d'une douce chaleur comme celle dégagée par le fumeiro, la majeure partie de l'eau contenue dans le sérum se trouve éliminée et la coagulation de la gomme a lieu presqu'instantanément.

Le carbone produit par une combustion incomplète et qui constitue la partie principale de la fumée est un anti-putride énergique et n'est pas sans avoir une certaine influence favorable dans le procédé brésilien.

Mais outre le carbone, la créosote, produit de la distillation du bois, et qui se rencontre toujours dans cette fumée est l'antiseptique par excellence des matières azotées et c'est à son action que nous attribuons principalement la supériorité du procédé d'enfumage usité dans l'Amazonie. Que l'emploi des noix de palmes dont nous avons parlé soit une cause de production plus énergique de matière antiseptique que celui du bois ordinaire employé par les récolteurs de la Haute-Amazonie, c'est là une question qui reste à élucider. Pour nous, nous attribuons leur intervention utile à un dégagement plus abondant de fumée, et partant, de matières antiseptiques. James Collins croit que le soufre joue un rôle dans la préparation du caoutchouc Para. « I believe too that the vapour of sulphur plays a pact in the preparation of some of the Para-caoutchouc ».

Nous n'en croyons rien : laissons au soufre sa qualité acquise de vulcanisateur du caoutchouc : elle est assez grande et ne le laissons pas intervenir intempestivement là où il n'existe pas.

En résumé, par l'intervention souvent répétée de la chaleur sur des quantités toujours très minimes, on élimine du caoutchouc une grande partie de l'eau, dont la présence constitue une des causes de disqualification.

Cette même chaleur appliquée à chaque couche successive de gomme (et chaque couche est infiniment ténue), empêche l'interposition de bulles d'air et de bulles de sérum pouvant engendrer la fermentation des matières azotées contenues en grande quantité dans le latex.

Enfin les antiseptiques puissants employés en un état de dilution extrême dans toute la masse du produit élastique suppriment complètement l'action défavorable de ces matières azotées et fermentescibles.

Nous sommes heureux de pouvoir signaler à l'attention de nos lecteurs une tentative d'imitation du procédé d'enfumage de l'Amazonie pratiquée avec beaucoup de succès par MM. Grandjean et Weser, concessionnaires des Banians de l'État en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyalty.

Voici ce qu'en dit M. le Dr Davillé dans son ouvrage sur la colonisation des Nouvelles-Hébrides (Paris 1895) :

« Le procédé d'extraction est des plus simples et nécessite un « matériel peu important, c'est celui des tigelhinas du Brésil. Il « faut pour opérer : une gouttière conique allongée en forme de « prisme évidé, à arête intérieure terminée d'un côté par une lame « coupante et de l'autre par un crochet. La lame sert à faire l'inci- « sion, de 8 à 10 centimètres de longueur, dans toute l'épaisseur « de l'écorce ; la gouttière reste fixée dans la partie inférieure de « l'incision, reçoit le suc qui suit la cannelure pour arriver à l'autre « extrémité au crochet de laquelle est suspendu un petit gobelet en « fer blanc de forme conique et d'une contenance de 10 à 15 centi- « litres. Il est facile à l'ouvrier de placer ses gobelets le matin au « réveil, pour revenir, 3 à 4 heures après, les vider dans une gourde « ou mieux dans un bidon en fer blanc et les remettre en place. »

Les autres opérations se font comme par le procédé amazonien, et les produits obtenus sont fort beaux et constituent une gomme de grande valeur.

Nous terminerons cette description du procédé de préparation du caoutchouc Para fin, par quelques détails sur la confection de la sorte dite entrefina, ou Para Grossa, Para 1/2 fin et enfin de celle appelée Sernamby ou Negroheads du Brésil.

Avec les pellicules de caoutchouc retirées soit des tigelinhas, soit des lèvres de l'incision sur le végétal, le récolteur prépare une seconde sorte en agglutinant ces débris les uns aux autres, au bout d'un manche pour en faire une boule aplatie qu'il trempe de temps en temps dans le réservoir où se trouve le latex frais et qu'il soumet ainsi également à l'action de la fumée après chaque immersion. Si le bloc a un volume suffisant, le cauchero le replonge à plusieurs re-

prises dans le bain de latex frais et enfume chaque fois la couche terminale. Il donne ainsi à sa préparation l'aspect du Para fin : mais l'apparence n'est que superficielle et ne saurait plus tromper personne : l'acheteur est devenu méfiant et voudra examiner le produit à la coupe. Ici l'on voit de suite que l'on n'a pas à faire à une matière homogène, et si les propriétés de cette sorte approchent du Para fin, ce n'est pas à dire qu'elles soient identiques. Il y a une plus grande quantité d'eau non éliminée, une notable partie de matières azotées non antiseptisées, provenant surtout des parties détachées des lèvres de la blessure et qui se sont coagulées par l'intervention de la chaleur naturelle seule. Lorsque nous parlerons de ce procédé de coagulation, les défauts inhérents *au Para entrefina* ressortiront naturellement.

Les bavures des pains de Para fina et entrefina, les raclures des moules, le résidu coagulé du latex des tigelinhas, des calebasses et des cuves à latex, tous les déchets enfin sont réunis en blocs que l'on entasse soit dans des caisses de rebut, soit dans des tonneaux hors d'usage ; le tout s'y agglutine en masses qui prennent la forme du logement où ils se trouvent. Cette sorte, tout-à-fait inférieure, constitue *le Sernamby* ou *Negroheads* (Têtes de nègres) *du Para.* C'est l'espèce la moins estimée des Para-caoutchoucs, et cela à juste titre. Il est souvent très humide, contenant du sérum et même parfois du latex non coagulé, il n'a reçu aucune préparation d'antiseptisation et contient en outre des débris végétaux et minéraux.

1. α II. — PROCÉDÉ DE COAGULATION DU LATEX PAR LA CHALEUR ARTIFICIELLE HUMIDE OU PROCÉDÉ PAR LA CUITE

Ce procédé, appliqué par les indiens du Mexique à la coagulation du latex des castilloas, est tout ce qu'il y a de plus primitif. Soit qu'ils incisent le végétal, soit qu'ils le piquent, ils recueillent le latex dans le creux d'un morceau d'écorce ou dans un pot. Ils transvasent dans un chaudron le latex recueilli et préalablement tamisé, et allument sous ce chaudron un feu de brindilles ou de branchages. Comme pour le lait animal, il se forme, sous l'influence de la chaleur, une couche crémeuse qui, par une ébullition prolongée, finit par se prendre en masse et le sérum ne tarde pas à se débarrasser de la totalité de la gomme qu'il tenait en suspension. Le caoutchouc ainsi obtenu est étalé en plaques, séché et pressé pour éliminer autant que possible l'eau qu'il contient.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à un long examen cette manière de procéder pour en saisir le côté défectueux : l'ébullition n'est pas suffisante pour stériliser indéfiniment les matières fermentescibles et putrescibles du suc laticifère : la compression des plaques ne peut éloigner la totalité de l'humidité interposée et enfin le mode d'obtention du latex n'est pas assez soigné pour écarter toutes les impuretés végétales et minérales, malgré le tamisage avant la

cuite. Les faits justifient d'ailleurs notre théorie : à la section des plaques obtenues par le procédé du bouillon, on trouve, noyées dans une gomme noirâtre, des poches remplies d'un liquide épais verdâtre, mélangé à du sable et à de menus débris de bois. D'un autre côté, le Mexique produit actuellement une nouvelle sorte obtenue avec le même latex des castilloas, d'un brun clair et ambré qui ne présente plus à la section ni sable, ni débris organiques. Cette gomme, remarquablement nerveuse comme le caoutchouc du Brésil, ne perd que 12 à 15 °/₀ à la manutention. Les renseignements sur son mode de préparation manquent encore actuellement, mais nous croyons ne pas nous tromper en signalant l'intervention du sel marin comme adjuvant de la coagulation et de l'antiseptisation. Le procédé par la cuite est aussi employé dans l'Inde Anglaise pour la préparation du caoutchouc de l'Assam tiré du latex des ficus.

1. β I. — PROCÉDÉ DE COAGULATION DU LATEX PAR LA CHALEUR NATURELLE : LE SOL SERVANT DE CORPS ABSORBANT POUR L'EAU ET LES MATIÈRES PUTRESCIBLES AZOTÉES CONTENUES DANS LE SÉRUM.

Les procédés de coagulation par la chaleur naturelle sont spécialement employés dans l'Ouest Africain. Ce n'est pas à dire qu'ils ne soient appliqués ailleurs ; mais il semble que ces procédés toujours défectueux qui sont la cause principale de la qualité inférieure de la gomme produite et de la dépréciation qui s'en suit, soient l'apanage particulier des Africains dont l'indolence n'a d'égale que la cupidité.

Le procédé qui nous occupe particulièrement en ce moment est, ou a été pratiqué naguère par certaines peuplades du Congo et de l'Angola qui exploitent spécialement les Landolphias de leurs forêts.

Selon Jeannest, le nègre de ces côtes se contente de saigner l'arbre sans se préoccuper si la blessure endommagera le végétal ou non ; pourvu qu'il trouve une récolte, peu lui importe le reste : la sève s'écoule naturellement sur un sol même imparfaitement déblayé. Dans le trajet qu'il parcourt ainsi sous un ciel torride, le suc gummifère perd déjà une partie de son eau. Sur le sol où il arrive à moitié figé, il finit par se solidifier entièrement, abandonnant le reste de son sérum à la terre sèche et chaude qui entoure la liane qu'il exploite. Il ne lui reste qu'à relever sa récolte et la livrer au trafic.

Est-il nécessaire de procéder à l'examen critique d'une telle méthode et n'est-il pas compréhensible, sans plus ample informé, qu'une matière obtenue aussi sommairement ne possède que peu des qualités requises du caoutchouc marchand? Nous ne parlons pas des impuretés minérales que contient fatalement le caoutchouc préparé d'une manière aussi rudimentaire : l'indigène, au lieu de les éviter,

en ajoute encore à dessein dans la plupart des cas. Il est évident que si la terre, faisant fonction de filtre, peut entraîner le sérum et les matières putrescibles qu'il contient à la périphérie de la masse qui s'est ramassée au pied du végétal, les parties intérieures du coagulum emprisonnées par la croûte première garderont tout leur sérum avec ses éléments de fermentation, qu'ils soient azotés, saccharins ou résineux. Ces gommes resteront forcément molles, poissantes et auront une odeur nauséabonde qui ne pourra que s'accentuer par la suite : le déchet de fabrique sera toujours considérable.

1. § II. — COAGULATION PAR LA CHALEUR NATURELLE : ÉVAPORATION SUR LE CORPS HUMAIN.

Ce procédé est spécial aux indigènes de l'Ouest Africain et s'il a quelque chose de pittoresque pour le narrateur, il nous paraît en même temps infiniment supérieur au précédent. Voici comment, selon le R. V. Merlon, l'indigène opère au Congo : Le noir, dès qu'il se trouve en présence de la liane qu'il se propose de saigner, se débarrasse de ce qui lui sert de vêtement et l'incision une fois pratiquée, il reçoit le latex dans le creux de sa main pour s'en couvrir totalement le corps. Le travail achevé, il retourne à sa case affublé de ce vêtement d'un nouveau genre, enlève par parties la sève qu'un commencement de cohésion a rendu consistante et en forme les boulettes qu'il portera au marché. Dans l'Angola le Dr Welwitsch a constaté le même procédé usité chez certaines peuplades. Après avoir incisé une branche, le noir place la paume de la main contre le bois et laisse couler le lait le long de son bras. Quand il juge son bras enduit d'une couche suffisamment épaisse, il retire le caoutchouc comme il ferait d'un gant, commençant par dégager le coude, et en enroulant la gomme sur elle-même pour en faire un bourrelet, découvrant ainsi l'avant-bras, puis le poignet et enfin la main.

Cette méthode, sans être parfaite et sans être susceptible de fournir un caoutchouc exempt de matières putrescibles, a cependant l'avantage de n'y mélanger aucune des matières étrangères minérales ou végétales qui se trouvent si abondamment dans les gommes mentionnées précédemment. Elle offre encore cet autre avantage d'éliminer par une coagulation en couches minces souvent répétées et sur une grande surface, la plus grande partie de l'humidité. Cette élimination est encore activée par la chaleur naturelle qui se dégage sans cesse du corps humain.

1. § III. — PROCÉDÉ DE COAGULATION PAR LA CHALEUR NATURELLE ; ÉVAPORATION SUR SURFACES PLANES AUTRES QUE LE SOL

C'est la méthode spéciale employée au Brésil dans la préparation du Céara-caoutchouc (Céara Scraps) provenant du latex du

manihot glazowii. Ce procédé est d'ailleurs d'un usage assez fréquent dans l'Afrique Occidentale et sur le continent indien.

Voici la manière d'opérer des récolteurs de la province de Céara : L'arbre, qui ressemble beaucoup à notre ricin, est déjà exploité à l'âge de trois ans, c'est à-dire dès que le diamètre du tronc a atteint $0^m,125$. Le seringueiro dégage les abords du pied de l'arbre et sur la place ainsi déblayée il dispose quelques feuilles de bananiers destinées à recevoir le latex qui pourrait venir couler jusqu'au sol. Il fend alors l'écorce depuis le pied jusqu'à $1^m,50$ environ en plusieurs endroits et en diverses directions. Le latex du manihot, plus épais que celui des hévéas et des castilloas, coule lentement pour n'atteindre que rarement et en de très faibles proportions jusqu'à ras de terre ; la plus grande partie se fige déjà sur l'écorce du végétal et s'y accole sous forme d'une longue coulée de larmes semblable à celles que nous trouvons si souvent aux arbres de nos jardins. Le récolteur les y abandonne ainsi pendant quelques jours pour en favoriser la dessiccation ; puis il détache les lanières, soit en les enroulant en pelotes, soit en les repliant sur elles-mêmes. Sans plus ample préparation, le produit est livré au commerce sous le nom de Céara-Scraps.

La première qualité consiste en gomme blonde au commencement de la récolte ; la 2e en gomme plus brune, recueillie plus tard lorsque les premières pluies commencent à tomber; la 3e qualité est celle dite terreuse, cueillie au pied de l'arbre et contenant par conséquent des quantités souvent considérables de terre, de sable, ajoutées accidentellement ou intentionnellement au point de faire parfois descendre le rendement industriel jusqu'au dessous de 30 %.

Rien d'étonnant qu'une matière ainsi préparée ne renferme quantité d'impuretés minérales et végétales qui en diminuent sensiblement le prix. Le Céara-caoutchouc a une belle couleur ambrée, presque translucide ; il ne devient opaque et blanchâtre que sous l'action d'une traction énergique. Ce phénomène, que Morellet n'a rencontré que dans cette sorte de gomme, n'est dû, selon notre savant industriel, qu'à de nombreuses déchirures produites dans l'intérieur de la masse, déchirures donnant naturellement lieu à des vides qui brisent les rayons lumineux tendant à traverser ce corps.

Le Céara-caoutchouc exhale une odeur assez forte qui devient bientôt nauséabonde si on l'expose à l'action combinée de la chaleur et de l'humidité. A l'état de pureté, il fournit un rendement industriel d'environ 75 à 80 %, et jouit d'une grande résistance ; il serait infiniment plus recherché par le commerce n'était son mode de préparation défectueux et sa quasi falsification par les matières minérales et végétales qu'il renferme presque toujours, quoique en quantités très variables.

Le latex du manihot est au moins égal sinon supérieur comme qualité à celui des hévéas : la quantité de matière azotée fermentescible y est inférieure, la quantité d'eau dans laquelle les globules gommifères sont suspendues est moins considérable, et cependant le rendement industriel en caoutchouc pur n'est que de 75 à 80 %.

En outre la conservation de la gomme est difficile et demande un lieu sec et froid : la matière protéique putrescible qu'elle détient en est évidemment la cause. Il est certain qu'il est plus difficile de manier le latex du manihot que celui de l'hévéa à cause de sa consistance plus grande, mais l'obstacle ne nous parait pas insurmontable et voici ce qu'il y aurait lieu de faire :

Au lieu de laisser couler le latex le long du végétal il faudrait recueillir le suc gommifère dans des tigelinhas préalablement garnis d'un peu d'eau alcaline. La sève gummifère à l'état frais se mélange bien à l'eau, mieux encore à l'eau alcalinisée ; elle pourrait ainsi conserver son état liquide pendant un certain temps, ce qui permettrait de la soumettre à la coagulation par l'enfumage qui réussit si bien dans l'Amazonie. On supprimerait ainsi les causes secondaires qui réagissent actuellement d'une manière si funeste sur le caoutchouc genre Céara et en déprécient la valeur intrinsèque.

Cet essai a été tenté à Céara et a donné d'excellents résultats ; malheureusement, les récolteurs indigènes n'en veulent pas ; il leur coûte trop de peines et ils préfèrent s'en tenir à leurs anciens errements plus expéditifs et moins pénibles.

Dans cette province du Brésil, le manihot des hauteurs arides et granitiques fournit un latex très concret et peu abondant; mais le végétal prospère également dans la plaine et dans les terrains humides : le lait est plus abondant et se prête facilement au traitement dont nous venons de parler.

Il ne serait pas hors de propos d'entreprendre sur le même latex des essais de coagulation par la chaleur naturelle complétée par l'intervention de faibles quantités de chlorure de sodium ; ce procédé, que nous allons étudier un peu plus loin, donne des résultats assez satisfaisants. Il ne faudrait pas oublier dans cette dernière expérience que la gomme est d'autant meilleure que le volume des blocs confectionnés est plus réduit ; la dessiccation s'opère mieux lorsque les surfaces d'évaporation sont plus nombreuses.

Avant de quitter le Céara-caoutchouc, faisons encore remarquer que dans la province de Céara, le manihot ne fournit pas également et partout le latex du caoutchouc. Soit qu'il y ait une différence dans les conditions climatériques ou thermiques, soit qu'il y ait une dégénérescence dans le végétal, certaines régions habitées également par le manihot paraissent peu susceptibles de se prêter à l'exploitation du caoutchouc. L'arbre saigné ne laisse suinter que quelques gouttes de latex et la coulée s'arrête presqu'instantanément. Cette infécondité n'est cependant qu'apparente. L'incision, faite au pied de l'arbre, tout près des tubercules formés sur la racine, fait jaillir un liquide gommeux très abondant et que l'indigène sait très bien mettre à contribution pour la confection de l'espèce dite Sernamby de Céara. Malheureusement, là encore le travail se fait sans précautions et sans soins et le produit obtenu, mélangé au sable et aux pierres du sol sur lequel se répand le latex, est presqu'invendable quoiqu'il ait réellement les mêmes propriétés que le Céara prima. Il serait cependant facile de garnir l'excavation pratiquée sur le sol avant l'incision d'une couche d'argile délayée

dans un peu d'eau : la sole ainsi formée après dessèchement boirait rapidement l'eau-mère du latex et l'on obtiendrait une gomme aussi belle et aussi pure que celle des hauts plateaux.

2. γ. — PROCÉDÉ DE COAGULATION PAR L'ÉCRÉMAGE APRÈS DÉDOUBLEMENT DU LATEX AVEC SON VOLUME D'EAU, SUIVI D'UN REPOS PLUS OU MOINS PROLONGÉ

Ce mode d'opérer la sélection du caoutchouc est appliqué à Bahia au latex des hancornias, dans quelques localités du Nicaragua et de l'Amérique Centrale à celui des castilloas, ainsi que dans l'Assam au suc des ficus.

A Bahia, le latex abandonné à lui-même après dédoublement avec son volume d'eau, se divise rapidement en deux couches superposées dont la supérieure prend une consistance butyreuse ; on la dessèche dès qu'elle a une homogénéité suffisante et on la livre ainsi au commerce. Dans l'Assam, le caoutchouc préparé de cette manière est placé dans des marmites pour y subir l'action d'une douce chaleur qui accélérera la dessication et rendra le produit moins humide. Enfin, dans l'Amérique Centrale, les gâteaux obtenus de cette manière sont d'abord pressés avec des rouleaux en bois qui chassent l'excès d'eau et suppriment une partie des pores ; la dessiccation au soleil achèvera au bout de 15 jours le travail commencé et la gomme sera prête pour être roulée et emballée.

Ce mode de préparation est bien rudimentaire et ne peut fournir qu'un produit de qualité inférieure, qui perd souvent plus de 30 %, surtout lorsqu'il est fraichement préparé. A la section, il s'en échappe non seulement de l'eau plus ou moins chargée de corps étrangers, mais encore une certaine quantité de latex non coagulé et il est facile de vérifier que c'est bien de latex qu'il s'agit dans l'espèce, d'abord au microscope, ensuite en pressant simplement entre le pouce et l'index une goutte de ce suc : la chaleur des doigts produit un commencement de coagulation et le caoutchouc s'étire en filaments élastiques si on éloigne l'un de l'autre les deux doigts (Morellet). C'est ainsi que s'explique la défaveur d'un tel produi[t] dont le caoutchouc effectif ne le cède en rien à beaucoup d'autr[es] sortes comme élasticité et comme résistance.

2. δ. — PROCÉDÉ DE COAGULATION PAR LE REPOS APRÈS DÉDOUBLEMEN[T DU] LATEX AVEC 4 A 5 FOIS SON VOLUME D'EAU ET SOUTIRAGE, ETC.

Ce procédé, usité au Congo pour le traitement du suc des la[...] phias, a été amplement décrit par le R. P. Merlon. Il con[...] pratiquer sur la liane avec un instrument tranchant des incisio[...] pénètrent jusque sous l'écorce, sans atteindre cependant le c[...]

la plante parce que celle ci renferme *une autre substance également laiteuse, mais très étendue d'eau et acide qui se corrompt rapidement.* Les incisions sont longitudinales ou obliques et pratiquées les unes au-dessous des autres; sous l'incision inférieure l'indigène fixe, au moyen de terre glaise ou bien encore de gomme mi-coagulée, une feuille assez large et recourbée qui conduit dans une calebasse disposée au pied de l'arbre tout le suc qui en découle en un mince filet.

Le récipient où tombe la sève est percé à sa base d'un trou soigneusement bouché. Au moment de l'extraction le suc est fluide et ressemble assez au lait épaissi par une longue ébullition. A cette sève les noirs ajoutent 4 à 5 fois son volume d'eau.

Sous l'influence de cette addition et aussi sous l'influence d'un commencement d'acidification facilitée par le dédoublement du liquide, les éléments hydrocarburés viennent se solidifier à la surface en une sorte de crème épaisse. 24 heures après on enlève le bouchon qui fermait l'orifice inférieur de la calebasse : la partie aqueuse s'écoule et avec elle la majeure partie des éléments putrescibles, le caoutchouc reste au fond du vase à l'état semi-fluide. Afin d'en activer la coagulation, les nègres le versent dans des vases en bois et le laissent exposé à l'air pendant quelques heures.

La solidification est alors plus avancée sans être complète toutefois. C'est le moment jugé opportun par les naturels pour le pétrissage des boules. Quelquefois la gomme qui se trouve au fond des récipients est trop consistante pour se prêter aisément au pétrissage : on la découpe alors en petits morceaux affectant la forme de petits cubes ou dés (d'où le nom commercial de *thimbles*.)

Ce procédé a, comme le précédent, le défaut d'incorporer dans le caoutchouc une certaine quantité de sérum et même de latex non décomposé et, par suite, de matières fermentescibles qui ne tardent pas à donner à ces sortes une odeur nauséabonde caractéristique. Rien n'a été fait, sinon un lavage imparfait, pour stériliser ces matières et empêcher leur décomposition ultérieure. Aussi le caoutchouc qui en dérive a tous les défauts inhérents à ce mode de préparation; son rendement ne dépasse pas 60 %. Le produit est très spongieux et contient, dans les poches nombreuses de la pâte, le liquide blanchâtre qui engendrera ultérieurement l'odeur repoussante que nous avons signalée. D'autres sortes de gommes préparées d'une manière plus rationnelle avec le latex des mêmes landolphias sont exempts de ces défauts et doivent leurs qualités au mode de coagulation.

3. 2. — COAGULATION PAR SÉLECTION CHIMIQUE A L'AIDE DE RÉACTIFS MINÉRAUX

Ici nous nous trouvons en présence d'un procédé aussi expéditif que facile. Aussi n'y a-t-il rien d'étonnant que nous le trouvions souvent mis en pratique, soit en Afrique soit en Amérique : le

Pernambouc, le Maranhao, certaines gommes de la Côte d'Ivoire et du Cameroun sont préparées de cette manière.

1° *Coagulation par l'alun.* — Ce procédé appliqué dans la province de Pernambouc pour la coagulation du latex du Hancornia, porte le nom de son inventeur Henry Antoine Strauss. Il consiste à verser dans le latex une dissolution aqueuse d'alun potassique ; la coagulation s'opère presqu'immédiatement. Le coagulum est ensuite mis à égoutter pendant une huitaine de jours sur des claies disposées à cet effet. Les masses ainsi préparées sont divisées en petits fragments, séchées pendant un mois au soleil et livrées en cet état au commerce.

Comme le dit M. Morellet, le procédé Strauss est ingénieux, mais les résultats de son application sont mauvais, et nous ne partageons nullement l'enthousiasme de J. Collins pour ce mode de coagulation. « Cette méthode, achetée par le gouvernement local de la province de Pernambouc est très goûtée, dit-il, d'autant plus que son exécution peut avoir lieu loin de l'endroit où se fait la récolte, et qu'elle se pratique toujours à froid. »

Le caoutchouc ainsi récolté s'altère en vieillissant et se transforme en une matière d'une valeur vénale très faible : tel morceau de Mangabeira qui possédait une élasticité suffisante à l'origine s'est transformé en une espèce de carton de mauvaise qualité non susceptible de résistance aux sollicitations mécaniques et sans aucune espèce d'élasticité : l'état moléculaire s'est modifié, au point de devenir grenu et friable. Le caoutchouc de couleur rosé à l'extérieur et à l'intérieur, est tapissé d'efflorescences cristallines, qui ne sont autre chose que de l'alun. A la section on trouve un grand nombre de poches remplies d'eau, provenant non seulement du sérum emprisonné dans la masse par une coagulation instantanée, mais encore et surtout, de la dissolution alunée employée dans le procédé. Il serait aisé de se débarrasser par la presse d'une partie de cette eau alunée ; mais outre que le récolteur n'a pas toujours une presse à sa disposition, l'élimination serait très incomplète et l'action funeste de l'alun se ferait toujours sentir. Avec ce procédé on économise la main-d'œuvre lors de la récolte, mais on altère le produit et on n'économise nullement les frais de transport, qui sont presque doublés, puisque ce caoutchouc donne un déchet qui peut souvent aller à 60 %.

Il ne nous paraît donc pas probable que le procédé de coagulation au moyen de l'alun soit destinée à faire des progrès dans l'avenir : les industriels sont parfaitement fixés sur la mauvaise qualité de ces produits et tendent de plus en plus à les rejeter.

2° *Coagulation par l'acide sulfurique et le sel marin.* — Dans la province de Maranhao et celle de Matto Grosso l'alun est remplacé comme coagulant par l'acide sulfurique étendu d'eau. L'acide sulfurique, comme tous les autres acides d'ailleurs, est un agent de coagulation énergique. Mais, outre qu'il est d'une difficulté de transport sur les inconvénients duquel nous n'avons pas besoin d'insister, il a le défaut de coaguler trop rapidement le suc végétal et de ne pas permettre, par ce fait même, une élimination suffisante

de l'eau-mère. D'un autre côté, les acides ne jouissent pas de propriétés antiseptiques et nous arrivons fatalement à constater les mêmes inconvénients que ceux que nous avons signalés pour d'autres méthodes.

Une dissolution de sel marin jouit aussi du pouvoir coagulant : son action antiseptique est assez connue, et elle ne présente pas les inconvénients de transport, qui rendent difficile l'emploi de l'acide sulfurique étendu. Aussi a-t-on remplacé généralement l'eau acidulée par le sel marin, dans les deux provinces précitées : l'emploi du chlorure de sodium seul serait assez recommandable là où il n'y aurait pas de procédé meilleur à la disposition du travailleur ; mais il a l'inconvénient de laisser dans la gomme une grande quantité d'eau.

C'est également par l'intervention de l'eau salée que s'obtiennent certains caoutchoucs de la Côte d'Ivoire, du Cameroun et du Congo, d'où une grande similitude dans les sortes produites dans ces pays avec les caoutchoucs américains dont nous venons de parler.

3° *Coagulation par l'eau de savon.* — Entre la sélection par réactifs minéraux et celle par réactifs végétaux, nous devons intercaler un mode de coagulation spéciale usité quelquefois au Pérou pour le latex des hancornias et où une dissolution aqueuse de savon joue le rôle de coagulant. Voici comment s'exprime à ce sujet M. E. Bard :
« Pour coaguler le lait on le verse soit dans une caisse, soit dans des « trous pratiqués dans la terre argileuse, d'une contenance de 30 kg. « de liquide environ. On fait fondre, la veille, du savon à raison « de 125 grs environ pour un seau d'eau. Deux seaux de cette « solution font coaguler environ 30 kg. de caoutchouc dans l'espace « d'une demi heure. Dès que la coagulation commence à se pro- « duire, on bat le lait avec le plat de la main pour faciliter l'opé- « ration.

« On retire ensuite le caoutchouc, qui a pris la forme d'un bloc, « et pour chasser l'eau qui s'y trouve renfermée, on le pique de « place en place à l'aide d'un couteau. Hâtons-nous d'ajouter que « les piqûres sont faites peu profondément pour ne pas trop dimi- « nuer le poids de la gomme. »

Naturellement, ces caoutchoucs ainsi obtenus sont très poreux et contiennent une notable proportion d'eau ; ajoutons que ce procédé rudimentaire de préparation entraîne un mélange souvent considérable de matières étrangères minérales. Quant à l'action de l'eau de savon en elle-même, nous avouons ne pas la comprendre d'une manière suffisante, à moins toutefois qu'elle n'agisse ici purement et simplement par la masse d'eau qu'elle implique et que ce ne soit l'eau qui, comme dans les procédés mentionnés précédemment, dégage les globules gommeuses d'un latex trop dense et leur permette ainsi de s'agréger plus facilement à la surface du liquide.

3. ι. — SÉLECTION CHIMIQUE A L'AIDE DE RÉACTIFS VÉGÉTAUX

Cette manière d'opérer la coagulation du latex est usitée pour l'obtention de certaines gommes à Madagascar, dans la Gambie, le Pérou, le Guatémala et le Nicaragua. Tantôt c'est un acide végétal qui intervient, tantôt c'est l'infusion d'un produit végétal de composition chimique indéterminée, mais qui doit vraisemblablement son pouvoir coagulant à son acidité plus ou moins prononcée.

Les sortes africaines que nous venons de citer paraissent provenir de la coagulation du suc des vahéas au moyen de l'acide citrique. Nous citons textuellement M. Morellet. « Au cours de nos « études nous avons souvent observé que dans les pains de Mada- « gascar se trouvent des graines à ovule anatrope, avec chalaze nette- « ment marquée, qui n'étaient autres que des graines d'aurantiacées. « Nous ne comprenions pas d'abord comment ces graines pouvaient « se trouver mêlées à la pâte du caoutchouc, mais le fait s'était trop « souvent présenté pour pouvoir admettre que leur présence fût « due à un cas fortuit et il nous a fallu arriver à cette conclusion « que le fait était le résultat des pratiques suivies dans la récolte, « qu'on employait le suc de fruits d'aurantiacées et que l'acide « citrique devait être l'agent de coagulation : cette opinion s'est « trouvée corroborée par le témoignage de personnes ayant voyagé « dans ces contrées. »

M. Cousin prétend avoir obtenu par cette méthode, lors de son séjour à Casamance, une gomme de qualité supérieure, d'une belle nuance ambrée tirant sur la corne clair, presque translucide, très nerveuse et d'une élasticité remarquable. Qu'il nous soit permis jusqu'à preuve du contraire de douter de cette assertion : si les acides minéraux ont l'inconvénient déjà signalé de provoquer une coagulation trop rapide, facilitant un emprisonnement dans la masse gommeuse d'une quantité trop considérable d'eau-mère et de matières fermentescibles, les acides végétaux ont le même défaut, et en même temps ce sont des foyers naturels de culture microbienne activant la putréfaction ; nous ne pouvons donc croire à l'excellence d'un procédé où ce nouvel inconvénient vient s'ajouter à ceux déjà signalés dans la coagulation par l'intervention des acides minéraux.

Notre opinion se trouve d'ailleurs confirmée par ce fait qu'à Madagascar, où l'acide citrique trouvait dès l'abord un notable emploi pour l'objet qui nous occupe, l'acide sulfurique introduit par les Européens a complètement remplacé le premier. Au Pérou, la coagulation de la sève des hancornias s'opère quelquefois par l'intervention d'un suc végétal tiré d'une liane appelée sachacamote par les caucheros du pays il en est de même pour le latex des castilloas du Guatémala et du Nicaragua dont la coagulation est activée par l'infusion d'une racine tubéreuse de convolvulacées, l'ipomea bona nox dont de nombreux représentants croissent dans

l'Amérique centrale. La décomposition du lait s'opère, de fait, par l'intervention d'un acide organique indéterminé ; mais, en outre, la gomme résultant de la réaction se trouve intimement mélangée à une résine étrangère qui, non seulement affaiblit le rendement industriel, mais qui, liée à la pâte, est difficilement éliminable et gêne la fabrication. Les végétaux producteurs du latex ainsi travaillé fournissent dans d'autres conditions une matière nerveuse et très élastique dont l'emploi est fort avantageux.

Ceci nous amène à parler incidemment des essais faits par le Dr Morisse (membre de l'expédition sur le haut Orénoque, dirigée en 1888-1889 par M. le comte de Bertier) sur différentes méthodes de traitement du lait des hévéas. Nous copions textuellement le passage suivant, de l'excellente étude de M. Rousseau sur le caoutchouc et la gutta-percha.

« Recherchant de préférence les réactifs susceptibles de produire une coagulation rapide sans nuire à la qualité de la gomme, le Dr Morisse a employé divers produits qui ont donné lieu aux observations suivantes :

« Un volume d'alcool à 90° coagule 6 volumes de caoutchouc en « donnant une gomme superbe, fine, d'une blancheur éclatante, « jaunissant à peine par la vieillesse, mais la cherté de l'alcool et « son faible pouvoir coagulant doivent le faire écarter. Le perchlorure « de fer liquide coagule dans la proportion de 1 pour 9 latex. « Le caoutchouc ainsi obtenu se présente sous forne d'une pous- « sière grossière, ayant un vilain aspect de terre arable, et dont les « molécules ont peu de cohésion entre elles.

Un volume de solution alcoolique de sublimé coagule 11 volumes de lait et donne un bon caoutchouc.

« Un volume de chlorure de calcium coagule 15 de lait, mais il « est fort difficile de conserver ce sel déliquescent dans une région « où l'air est constamment chargé d'humidité.

« L'acide chlorhydrique monohydraté a un pouvoir coagulant « de 1 à 5 ; l'acide azotique du commerce un pouvoir encore plus « faible.

« L'acide phénique du commerce, non cristallisé, a un pouvoir de « 1 à 18. Mais le plus merveilleux des coagulants essayés à ce jour « est l'acide sulfurique du commerce. Une solution aqueuse à 1/50 « coagule 10 de lait et ce pouvoir coagulant s'étend même jusqu'au « titre de 1/100 mais avec plus de lenteur et en agitant le mélange.

« La teinture d'iode ne paraît guère coaguler que par l'alcool « qu'elle contient. Les autres réactifs essayés n'ont donné aucun « résultat appréciable. Citons, dans le nombre, les carbonates et sous- « carbonates de potasse et de soude ; le chlorure de sodium, les « bromures et iodures de potassium, de sodium, d'ammonium ; « l'ammoniaque, l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone, la « glycérine, le permanganate de potasse, l'acide arsénieux, etc.

« L'alun, employé avec succès pour certains arbres à gomme, a « donné des résultats négatifs en présence du lait d'hévéa.

« Les premières planches préparées par coagulation à l'aide de « l'acide sulfurique étaient attaquées au début par des insectes et

« des cryptogames dont le développement rapide, à l'intérieur aussi « bien qu'à la surface, altérait l'aspect et la qualité du caoutchouc.

« Le Dr Morisse fut amené à mélanger à l'acide sulfurique un « antiseptique d'action plus durable et l'acide phénique, doué lui-« même d'un pouvoir coagulant aussi élevé, lui donna pleine satis-« faction. Six mois seulement après la coagulation disparaissent de « la surface des planches les traces phéniques suffisantes pour assu-« rer la stérilisation. Mais la dessiccation est alors assez complète « pour ne plus avoir à craindre de fermentation nuisible. Les for-« mules définitives déduites de nombreux essais sont les suivantes :

Solution A	Acide phénique commercial.	4gr
	Alcool en quantité suffisante pour dissoudre l'acide phénique.	
	Eau	80gr
Solution B	Acide sulfurique du commerce.	2gr
	Eau	20gr

« Mélanger les deux solutions avant emploi.

« Cette quantité de mélange coagule instantanément, avec l'aide « d'une légère agitation, un litre de lait.

« Une solution mixte de 1/60 pour le premier acide et de 1/30 « pour le second est même suffisante en temps ordinaire ; mais il « faut tenir compte de l'heure à laquelle se fait le travail, de la « température, de l'état hygrométrique de l'air, qui ont une in-« fluence incontestable sur la coagulation. Certains jours, en effet, « avec cette deuxième solution, elle s'obtenait difficilement et len-« tement. Il est donc préférable de ne mettre entre les mains des « travailleurs que les solutions fortes A et B.

« Ainsi, pour coaguler et aseptiser une tonne soit 1 000 litres de « lait, il faut 2 litres d'acide sulfurique 44 litres d'acide phénique « non cristallisé. La dépense des coagulants chimiques est donc « complètement négligeable.

« Il a été obtenu par ce procédé une centaine de kilogrammes « de Para sec, blanc, dur, résistant, compact et agréable à l'œil. La « preuve industrielle de la qualité du procédé est donc faite.

« De ce qui précède, il résulte que les réactifs susceptibles de pro-« duire la coagulation du latex découlant de certaines plantes sont « sans effet sur le lait d'hévéa.

« De plus, les tentatives faites pour substituer une nouvelle mé-« thode de coagulation à l'ancien procédé du fumage, ne nous pa-« raissent pas devoir être encouragées. Les récolteurs saisiront pro-« bablement avec empressement toute occasion de simplifier les « opérations longues et fatigantes de l'enfumage ; toutefois nous ne « devons pas nous préoccuper de leurs convenances, mais bien des « résultats obtenus.

« Or, nous avons constaté que le caoutchouc préparé par l'addi-« tion de solutions quelconques ne produisait que des qualités infé-« rieures, etc., etc.

Nous sommes parfaitement d'accord avec M. Rousseau sur la va-

leur du procédé préconisé par M. Morisse. Le Para-caoutchouc doit l'excellence de sa qualité surtout au mode de préparation minutieuse et difficile qui préside à sa confection ; vouloir s'en écarter, c'est se préparer à des mécomptes inévitables qui se traduiront toujours par des pertes d'argent assez élevées. Nous ne croyons d'ailleurs pas à l'action antiseptique de l'acide phénique ; la créosote seule, appliquée sur chaque couche à l'aide d'une douce chaleur, est capable de produire une stérilisation complète et de détruire ainsi les influences secondaires dont nous avons parlé plus haut.

4. — COAGULATION PAR LA CHALEUR NATURELLE OU ARTIFICIELLE ET LA SÉLECTION CHIMIQUE COMBINÉES

Nous appelons plus spécialement l'attention du lecteur sur ce mode de préparation du caoutchouc et nous en donnerons les raisons lorsque nous aurons exposé le mode de procéder. En Gambie (Casamance, Côte d'Ivoire) et au Mozambique on procède de la manière suivante pour coaguler le lait des vahéas et autres lianes :

Le récolteur entaille très légèrement les lianes, il pile en quelque sorte l'écorce. Les incisions, peu profondes, s'étendent sur une longueur de cinq à six centimètres, leur largeur varie selon la grosseur de la liane ; les entailles sont très rapprochées (10 centimètres environ).

Dès que l'écorce a été entamée, le latex exsude aussitôt, blanc et épais ; l'indigène, à l'aide d'une coquille, asperge immédiatement chaque incision d'un peu d'eau salée. Au contact de cette dissolution, la dissociation du sérum et de la gomme se produit et le caoutchouc se coagule instantanément en formant de petites masses que le récolteur retire de chacune des incisions pour en former une sorte de noyau qu'il roule entre ses mains. Il attire ce noyau à lui et le latex, continuant à couler et à se solidifier, s'étire alors en filaments. Il y a conséquemment autant de fils qu'il y a d'incisions. L'indigène, tout en tirant ces fils à lui, les renvide sur le petit noyau qu'il avait formé au début ; il continue cette opération, en humectant de temps à autre les incisions avec de l'eau salée.

Sous l'influence de la traction et par suite de la compression entre les doigts, les fils du centre se soudent entre eux au fur et à mesure qu'ils sont recouverts. Ce n'est qu'à l'extérieur que les fils restent apparents. Aussi le dévidage ne peut-il ensuite se produire que sur une faible partie de ces boules.

Presque blanche au début, l'enveloppe de ce caoutchouc brunit avec le temps et prend une coloration rougeâtre.

Le poids des boules varie le plus souvent entre 300 et 800 gr. ; mais il arrive parfois que le nègre prépare des masses qui dépassent 2 kg. Comme ces boules sont très grosses, et que l'ouvrier ne peut les tenir aisément entre les doigts, il se couche sur le dos et conti-

nue à enrouler la gomme en maintenant la boule entre sa main et le creux de l'estomac. On continue l'opération jusqu'à épuisement de la coulée du suc végétal (Chapel).

Ce procédé où la chaleur naturelle et artificielle ainsi qu'un antiseptique puissant, le chlorure de sodium, sont constamment mis en présence des plus infimes parcelles de la gomme est très recommandable chaque fois que l'enfumage n'est pas possible, soit à cause des dispositions locales du pays qui fournit le latex, soit à cause de la nature plus ou moins épaisse du liquide sécrété, comme nous l'avons fait observer précédemment. Chaque filament se trouve en contact avec l'air extérieur et la main de l'ouvrier : l'évaporation du sérum est ainsi puissamment facilitée en même temps que le sel marin l'antiseptise constamment en tout sens. Sans doute, l'opération est pénible ; mais si la nature est prodigue pour nous fournir les matières premières nécessaires à notre industrie, il faut un certain effort de notre part pour que nous puissions en tirer le plus grand profit possible. La houille est aussi pénible à extraire du sol, les métaux ne s'obtiennent pas non plus sans grand effort et cependant nul ne songe à se plaindre de la somme de travail à dépenser, si le résultat est avantageux.

Ce procédé a un autre avantage qui n'est pas à dédaigner : c'est de faciliter l'obtention d'un produit assez pur sans mélange de matières étrangères minérales ou végétales, à moins toutefois que le récolteur ne juge devoir y introduire ces matières pour augmenter le poids des marchandises qu'il viendra proposer au trafiquant. L'acheteur fera d'ailleurs rapidement justice de pareils agissements et l'on ne saurait trop prémunir les indigènes contre leur tendance trop marquée à ces pratiques : la défaveur frappe rapidement leur matière première et il est toujours long, et quelquefois impossible, de faire reprendre au négociant le chemin qu'il aura abandonné à la suite d'une opération malheureuse.

3. — SÉPARATION DU CAOUTCHOUC PAR BARATTAGE

Nous avons dit que nous consacrerions quelques lignes à la méthode proposée par M. Rousseau pour opérer la coagulation par simple barattage. L'idée est séduisante : battre le latex comme on bat le lait pour obtenir le beurre est une opération facile, peu coûteuse, mais elle a un grave inconvénient qui ne permettra jamais, nous le croyons du moins, de faire donner à cette conception la consécration de la pratique. Le beurre une fois séparé du petit lait abandonnera, par une légère compression à la main ou par tout autre moyen mécanique, la presque totalité du sérum qui s'y trouve emprisonné ; le pétrissage avec le sel de cuisine l'antiseptisera pour quelque temps, mais le caoutchouc ne se laissera ni comprimer ni pétrir de même façon sans une dessiccation suffisante et l'antiseptisation. La gomme ainsi obtenue, même avec les meilleures essences, aura tous les défauts mentionnés plus haut.

Conclusion

Nous résumons notre étude sur les diverses méthodes employées pour l'obtention du caoutchouc brut :

1° Dans le choix d'une méthode de coagulation rationnelle du latex, il faut toujours avoir égard à la densité du suc gummifère. Les vahéas, les manihots fournissent un lait plus épais que les hévéas, les castilloas, les landolphias et les ficus, et la même méthode de coagulation ne peut leur être appliquée indifféremment.

2° Il est indispensable, dans l'emploi de tel ou tel procédé, de ne pas oublier que la coagulation a toujours pour but de livrer une matière aussi exempte que possible d'eau et de matières fermentescibles en même temps que de la dégager de tous corps étrangers inertes qui ne peuvent que donner au produit une apparence de fraude qui le déprécie sensiblement, que l'addition ait été intentionnelle ou non. A ce point de vue, deux méthodes de coagulation se recommandent spécialement à l'attention du récolteur : celle que nous notons 1. α. *I. Coagulation par la chaleur artificielle sèche, ou enfumage* ; et 4. *Coagulation par la chaleur naturelle ou artificielle avec intervention de chlorure de sodium.*

3° L'emploi des acides, minéraux ou végétaux, celui de l'alun ainsi que l'addition d'eau sous quelque forme que ce soit, sont toujours nuisibles à la qualité du produit et doivent soigneusement être évités dans les procédés de coagulation.

4° La forme donnée à la masse gommeuse récoltée n'est pas non plus indifférente à la qualité du produit et nous avons souvent remarqué, principalement dans les méthodes où intervient un liquide aqueux, que le produit est d'autant plus défectueux que son volume est plus grand. L'explication de ce fait est très simple : plus on renouvelle les surfaces dans la dessiccation d'une même quantité de matière, plus l'évaporation de l'humidité est intense, la gomme y gagne en qualité et la dessiccation plus grande atténue l'action ultérieure des ferments.

5° Pour l'obtention d'un caoutchouc doué du maximum de qualités qu'un latex déterminé est susceptible de fournir, il faut éviter avec soin le mélange de sucs provenant de diverses essences : l'un d'eux est toujours inférieur pour une cause ou pour une autre à celui auquel il se trouve associé. Dans une pareille mixture, c'est la sorte inférieure qui réagit toujours sur sa voisine et non seulement la valeur du produit se trouve ainsi dépréciée, mais sa qualité en est réellement plus ou moins altérée.

6° La connaissance exacte de la composition chimique du latex de chaque végétal producteur serait un puissant auxiliaire dans l'étude de la meilleure méthode à choisir pour la coagulation de la gomme de chacun d'eux.

Malheureusement, nous manquons de données suffisantes et surtout assez précises. Nous ne pouvons que regretter que ce travail

n'ait déjà été entrepris, car il rendrait des services immenses à l'industrie qui nous occupe et nous osons espérer qu'en signalant cette importante lacune nous éveillerons l'attention des chimistes et des naturalistes. C'est Adriani qui, dans son étude sur le latex du ficus indien, s'est placé dans les meilleures conditions d'analyse pour connaître exactement la composition exacte du liquide soumis à ses investigations. De notre côté, nous avons cherché dans le chapitre suivant à étudier le latex des Hévéas dans les conditions de précision aussi grande que possible. Il serait nécessaire que le même travail se fit sur chacune des variétés de latex produites par les divers végétaux de chaque pays, nous aurions ainsi acquis un puissant facteur pour élucider la question si importante du meilleur mode de coagulation et de conservation de chacune des espèces naturelles du caoutchouc.

7° Dans le même ordre d'idées, la connaissance exacte de la structure intime des vaisseaux laticifères, de leur disposition et de leur développement par rapport aux autres organes de l'écorce des végétaux gummifères serait aussi d'un puissant secours dans l'étude que nous signalons. Peu de travaux ont été entrepris dans ce sens quoiqu'ils pourraient apporter une lumière nouvelle sur l'influence de l'origine, sur la qualité de la gomme et de son traitement le plus approprié. Nous ne connaissons à cet égard que les travaux micrographiques de M. Morellet sur quelques écorces de caoutchouquiers. Cet exemple serait bon à suivre, surtout sur place, pour la totalité des végétaux producteurs. Quoiqu'il en soit, nous n'avons pas hésité à nous approprier le peu de matériaux livrés à la publicité par ce savant et nous ne pouvons qu'exprimer ici le désir qu'il veuille bien ne pas laisser inachevée une œuvre si intéressante.

CHAPITRE IV

CLASSIFICATION DES ESPÈCES COMMERCIALES DE CAOUTCHOUC BRUT

Les diverses espèces de Caoutchouc brut qui se présentent sur le marché international peuvent se classer suivant leurs provenances en 4 classes principales :

1° *Caoutchoucs américains subdivisés en* { Caoutchoucs de l'Amérique du Sud. / Caoutchoucs de l'Amérique Centrale.

2° *Caoutchoucs africains subdivisés en* { Caoutchoucs de l'Ouest Africain. / Caoutchoucs de l'Est Africain.

3° *Caoutchoucs asiatiques.*

4° *Caoutchoucs océaniens.*

Le commerce n'a pas toujours conservé à ces diverses espèces une dénomination régulière : une sorte est tantôt désignée par le nom de la province qui la produit plus spécialement, quoique la même sorte se rencontre également en d'autres pays ; tantôt par le nom du port d'embarquement ou de la ville centre du marché de la matière qui lui prête son nom. La forme elle-même sous laquelle le caoutchouc brut se présente sur les marchés est mise souvent en réquisition pour désigner une sorte spéciale.

Les dénominations commerciales sont d'ailleurs très-variables, et telle sorte parfaitement connue par les négociants d'il y a 30 ans, a complètement disparu pour faire place à une autre, quoique le produit provienne des mêmes végétaux ou des mêmes contrées ; le mode de préparation a seul changé et a nécessité cette substitution. Telle gomme réputée de qualité inférieure sous une dénomination reparait revêtue d'une autre étiquette qui en relève le prix ; mais l'étiquette n'a pas été suffisante et en changeant de nom la gomme a elle-même été modifiée et surtout améliorée.

Quoi qu'il en soit, nous n'étudierons pas individuellement chaque sorte commerciale : elles sont tellement sujettes à variations que nos données d'aujourd'hui pourront ne plus être exactes demain, le progrès incessant dans la préparation de la matière première, l'épuisement d'une essence et son remplacement par une autre rendent ce travail incertain et d'une valeur contestable.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VARI

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Form[e] commercia[le] plus usu[elle]
							I. Caoutchoucs américa
Para 1[re] fin. Siringa fina (la Borracha chez les indigènes)	Amazonie (Brésil)	Hévéa Micrandra	1,α.I.	Para (Belem) Manaos	Liverpool Londres Le Hâvre	Caisses de 130 140 kilos	Presenté marché, s[...] sous forme [...] gurines di[...] bouteilles, [...] souliers. Actuellem[ent] biscuits ou [...] Les pains [...] amazone plu[s] 3 à 5 kilos. Les pain[s] haut amazo[...] grands, 10 à[...] los.
Para 1/2 fin. Entrefin Grossa	id.	id.	Mélange de 1αI et 1βIII	id.	id.	id.	id.
Sernamby de Para Negroheads Cabeça de negro	id.	id.	id.	id.	id.	Caisses ou barils de 200 kilos	Présenté [...] marché, ta[...] blocs assez [...] mineux, ta[...] qui est le [...] plus fréque[...] masses in[...] res de la g[...] du poing [...] et agglutin[...] tre elles [...] emballage
Virgen Scheets (Para blanc)	Province de Matto-Grosso (Brésil)	Hévéa	3,ε.	Manaos	»	»	Présenté [...] forme de pa[...] rallélipédiq[...] dimensions [...] bles : Les pai[ns] forte dimen[...] arêtes vive[s] lières, ont [...] ralement : 0m,60 de lo[...] 0 ,30 de la[...] 0 ,15 d'ép[...] Les pain[s] faibles ont [...] près moitié [...] dimensions.

(1) Le blanc sale laiteux est toujours l'indice d'humidité, soit que le sérum, soit que le latex lui-même se tr[...]
Cette variété ne se présente qu'en faible quantité sur le marché.

OMMERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT

Robe	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
(1° *Amérique du Sud*)						
Brun foncé tirant r le noir.	Sectionné dans le sens de l'épaisseur, de l'extérieur à l'intérieur est dégradé insensiblement jusqu'au blanc legt ambré, ton général du reste de la section perpendiculaire à la première. Feuilles ou pellicules apparentes dénonçant le mode de préparation de cette gomme. Pains de récente confection sous l'effet de l'ongle se subdivisent en autant de pellicules qu'il y a eu de couches de latex superposées.	Lég^t Boucané provenant du mode de préparation de la gomme.	Peu ou point de corps étrangers. Humidité variable suivant la date de la préparation de la gomme. Adultéré par mélange quelquefois du latex du Mimusops élata, Marcandaruba.	10-15 %	Nerveux et élastique par excellence.	Les pains de para caoutchouc portent souvent en creux les initiales des factoreries productrices (comme pour les indigos dits de marque). Récolte pendant la saison sèche : Fin juin, mi-octobre. Pendant la période pluvieuse, le latex est trop pauvre en caoutchouc. Du reste, les ouvriers récolteurs ne pourraient travailler à cause des intempéries. Les arrivages de la borracha sur les marchés brésiliens sont abondants de fin juillet à fin décembre.
id.	A la section, cette variété de Para présente des caractères tout différents de ceux du Para fin. Le mode de coagulation employé explique cette différence. Les parties évaporées sans l'intervention de l'enfumage sont d'un blanc sale, tandis que les parties provenant du procédé par l'enfumage sont brun ambré (1).	Odeur moins prononcée que dans la précédente variété. Odeur de méthylamine.	Peu de corps étrangers. Plus d'humidité que ci-dessus.	15-20 %	Moins nerveux.	
Noir.	Section : blanc jaunâtre veiné de stries noires.	id. Quelquefois odeur de moisi.	Souvent mélangé de sable. Humidité considérable. Mélangé de gomme dite morte sans nerf ni élasticité.	20-40 %	Manque de nervosité.	
un clair.	Jaune paille avec marbrure verdâtre surtout sur les bords.				Moins nerveux que le Para brun.	Récolte d'août à février. Comme pour le para, l'on distingue le fin, le demi-fin, le sernamby.

…prisonnés dans le caoutchouc. La transparence cornée, au contraire est un signe de pureté et de bonne qualité.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VARI

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Forme commercial plus usue
I. Caoutchoucs améric							
Céara Scraps	Province de Céara (Brésil)	Manihot Glazowii (Manisoba ou Leitera)	1.β.III.	Céara	id.	»	Présenté so me de petit nières ou l agglomérées boules qui nent souve volume asse sidérable e dans l'emba à l'état frais, sent par se der ensemb manière à p ter des bloc vont jusqu' kilos.
Pernambouc (Mangabeira)	Province de Pernambouc (Brésil)	Hancornia	3.ε.	Rio-Janeiro	»	»	Présenté forme de p rectangulair dimensions bles. Parfois 1m,50 long 0,6-0,7 lar 0,08-0,1 épa
Maranaham	Province de Maranaham (Brésil)	»	3.ε.	»	»	»	»
Bahia	Province de Bahia (Brésil)	»	1 β I.	»	États-Unis	»	Masses i lières ou p assez volu ses qui von quefois jusq 20 kilos.
Carthagène (Esquebo)	Colombie	Hévéas	1βIII	Carthagène Savanille	États-Unis France	»	Présenté e ses volumi qui vont j 80 kilos, nant de p juxtaposées mensions va ou de lanié nues repliée unes sur les comme po Nicaragua-S
Cuidad-Bolivar Colombia-Virgen	Venezuela	Hévéas Calotropis procera Hancornia speciosa Sapium biglodulosum (Lechero)	1αI quelquefois 3 ε. (Lucien Morisse)	Bolivar quelquefois Manaos	Hambourg	»	Comme I
Cayenne	Guyane française	Hévéas	1αI	Cayenne	France	»	id.

ERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

…he	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
…mérique du Sud) (Suite)						
plus …oins …é.	Ambré clair, presque translucide. Etiré devient blanche et opaque.	*Sui generis* très prononcée et qui devient nauséabonde à la chaleur humide.	Toujours mélangé à débris de végétaux, souvent à du sable. Humidité allant à 15 °/₀.	20-25 °/₀. Qualités inférieures (chargées de terre) jusqu'à 50 °/₀.	Assez nerveux et estimé.	Le sérum provenant de la coagulation du caoutchouc céara est plus ou moins écarté par compression mécanique. Le manihot est l'arbre à caoutchouc des terrains arides et secs.
…e avec …ences …es.	Blanc rosé. A la coupe, se découvrent quantité de poches ou yeux remplis de sérum, contenant l'alun qui a servi de coagulant chimique.	»	»	40-60 °/₀.	Peu d'élasticité. Flasque, peu estimé, ne doit son emploi dans certains cas qu'à sa belle couleur.	Devient avec le temps cassant, dur, friable : ce défaut est attribué à la présence de l'alun. Cette qualité tend à disparaître et à être remplacée par le Maranaham.
…e …sse, …lante, …s …res- …e.	Blanc rosé qui, exposé à l'air, prend une nuance lie de vin foncée, peu ou point de poches.	»	»	25-30 °/₀.	Plus de nervosité et d'élasticité.	On a constaté la présence du sucre dans l'eau-mère recueillie de ce caoutchouc.
rose …gé	Blanc rosé. Poches remplies de sérum et très souvent même de latex non coagulé.	»	Bois, débris végétaux, sable, terre. Très humide.	50 °/₀.	Qualité inférieure, peu appréciée.	»
foncé …t sur …oir …ucide	Le caoutchouc sectionné est ambré comme les parties claires du Sernamby Para.	Odeur de méthylamine et de moisi.	Peu de débris végétaux ni de sable.	20 °/₀.	Bonne élasticité. Assez nerveux. Assez estimé.	Il existe un autre genre de caoutchouc Carthagène plus anciennement connu ; mais comme il a tout-à-fait les caractères du caoutchouc Gayaquil, nous le confondrons avec lui.
…me Para	Comme Para.	Légèrement Boucané.	Additionné souvent du suc du Pindare, et du Massaranda.	15-20 °/₀ selon qualité.	Assez semblable au Para sous le nom duquel il est souvent vendu.	Récolte commence en novembre et finit en avril. La saignée est quelquefois remplacée sur l'Orénoque par l'abattage (résultats funestes). Le mélange d'autres sucs, de qualité inférieure, toujours nuisible.
	id.	id.	Assez pur.	15-20 °/₀.	Comme Para.	Exploitation trop négligée suivant Coudreau.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VAR

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Forme commercial plus usu
							I. Caoutchoucs améric
Pérou et Pérou Sernambillo	Pérou	Hévéa Cameraria latifolia Hancornia speciosa	1.2.1 3.*i*. 3.*s*. et piqûres pour évacuer le sérum	Iquitos	»	»	Blocs v neux ou Para. Sernambil me Sernam ra.
Gayaquil (en planches)	Équateur et Colombie	Castilloa	3.*i*. 3.*s*.	Gayaquil	»	»	Présenté ques de sions con bles, pouv teindre : 1° longue 0,50-70 la 0,01-5 épa
Gayaquil et Carthagène (en lanières)	id.	id.	id.	Gayaquil et Carthagène	»	»	Lanières de diamètr ment plus. Longueu — 3 mètre
							II. Caoutchoucs améri
Mexique	Vera-Cruz Taumapilas Tabasco Guerero Baraca, Repie Chiapas	Castilloa	1.2.11. et procédé inconnu	»	Amérique du Nord, peu en Europe	»	Présent forme de de 1 à 4 c tres d'épai Longue geur 0,50 Quelque les (mart 5 à 6 cen de diamèt
Guatemala	Guatemala	Castilloa	3.*i*. avec *ipomea bona nox*	»	Amérique Peu en Europe	»	Planche
Nicaragua (Sheets) Savanille Amérique Centrale Costa-Rica Puerta-Caballo.	Indes Occidentales	Castilloa	3.*i*.	»	Angleterre France	»	Présen sheets (p Épaisseur limètres à timètres. souvent p que le c Ces she réunies lanières c qui peuve au delà d ios.

MERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

lobe	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industrielle	Estimation	Observations
Amérique du Sud) (*Suite*)						
intense. urface inuiée.	Jaune qui avec le temps, devient gris ardoisé. Très poreux.	»	Sable considérable. Quantité d'eau.	25-30 °/₀	Très élastique, qualité estimée, sinon sa coloration. Le Sernambillo (déchets) est plus estimé que celui du Para, il a moins d'eau, et est moins poreux que lui.	Récolte commence en août. Abattage après saignée. Cette gomme bouillie dans l'eau perd sa coloration noire et devient d'un blanc sale. L'eau qui s'est teintée est un purgatif énergique.
irâtre.	A la section, on trouve une matière noire verdâtre très humide avec beaucoup de vésicules d'eau.	»	Beaucoup d'impuretés terreuses et végétales. Quantité d'eau considérable.	20-35 °/₀	Assez nerveux et élastique, peu recherché à cause de ses impuretés.	»
id.	id.	»	»	id.	id.	»
Amérique Centrale)						
Brun noirâtre n clair mbré	Matière verdâtre. Section très belle cornée.	»	Sable, terre, feuilles. Quelquefois fragments de bois.	12-15 °/₀	Très très nerveux.	»
Noir	A la section laisse écouler une matière noirâtre, visqueuse, très amère, caractéristique. Ce liquide en desséchant produit un enduit vernis qui s'écaille facilement.	Odeur spéciale très caractéristique.	Très aqueux.	30 °/₀	Très nerveux, mais peu apprécié à cause de la résine qu'il contient et dont on ne peut le débarrasser sans altérer la gomme.	»
irâtre	A la section, matière noirâtre ou gris-jaunâtre et un peu de liquide brun, de saveur amère mais non fétide. La coupe en séchant devient brillante et noire.	Odeur spéciale caractéristique.	Petite quantité d'eau. Très rarement sable, bois.	10-15 °/₀	Sorte la plus estimée de l'Amérique Centrale. Nerveux élastique.	L'industrie estime ces planches d'autant plus qu'elles sont plus minces.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VAR

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Forme commercial plus usu
							II. Caoutchoucs améric
Nicaragua (Seraps)	Nicaragua	Castilloa	2.γ.	Greytown	Amérique du Sud	»	Tantôt e dins qui p atteindre la seur du bra Tantôt dont les plu lites sont grosseur de l Parfois bl lumineux de centimètres Ce sont to des lanières ou moins repliées ou lées les un les autres, nant des ro de scheets larmes dess spontanéme
							III. Caoutch
Sénégal-Soudan	Sud Sénégalais Segou Foutah-Djallou Samory Bammako	Vahea Landolphia Callotropis procera Ficus Khal	4	Kayes, Bakel Cap-Blanc	Marseille	»	Quelquefoi ses plus ou volumineuse forme de b ou aplaties ques de 1 à timètres d' seur. Quelquefo lotes obtenu enroulant s même le chouc obten coagulation tanée et éti filaments, e Mozambique Gambie.
Casamance (Boulam)	Hauts plateaux de la rive droite de la Casamance	Landolphia	1311	Boulam	»	»	Comme p caoutchouc gal.
Casamance (Gambie)	Rive gauche de la Casamance	Vahea	4 quelquefois 3.i. Jus de citron	Zighinchor	»	»	Se présent forme de p de 30 à grammes qu fois même 2

…MERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

…Robe	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
…mérique Centrale (*Suite*)						
…oirâtre	Coupe généralement noirâtre et brillante, quelquefois jaunâtre, mais noircissant rapidement à l'air.	»	Peu d'humidité. Quelques fragments de bois (Suber). Quelquefois fraudé par du sable.	10-15 °/。	Très estimée, classé après Para fin.	»
…icains.						
…ge-brun	Blanc légèrement rosé.	»	Fragments de bois, quelquefois terre. Beaucoup d'humidité.	38 °/。	Qualité inférieure (procédés de récolte trop rudimentaires).	»
…n foncé	Grisâtre tirant sur blanc crémeux, quelquefois sur le rose. Poches de sérum abondantes.	Mauvaise	Beaucoup de terre et sable.	40 °/。	Peu apprécié.	En mars le moment le plus actif des arrivages et échanges.
…ord blanc puis …ge-brun	Couches concentriques variant du rouge brun au blanc (le blanc domine), qui à l'air finissent par reprendre le ton rouge brun de la robe. Quelquefois veines noires concentriques, alternant avec veines blanches et roses. Le caoutchouc obtenu par 3.*i*. Coupe ambrée clair.	»	Peu de débris. Assez humides.	20-25 °/。 (1°) 30-40 °/。 (2°)	Qualité assez nerveuse.	Ce caoutchouc qui serait excellent s'il n'était souvent mélangé de latex de diverses provenances perd de sa valeur par ce mélange fréquent. Le caoutchouc noir qui s'y trouve très gluant et exerçant une action désastreuse sur le caoutchouc rose. Les essais par coagulation 3.*i* quoique ayant donné de très bons résultats en sont restés là. Pourquoi ? Très nerveux. Très élastique.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VA

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	F comme plus
							III. Caout
Sierra-Léone (Rivières du Sud)	Sierra-Léone et rivières du Sud	Ficus, Vahea Landolphia Diander	1 β II	Boké, Boffa Kouskry Benty Free-Town	Liverpool Londres Marseille	»	Comm choucs Soudan manes-l Boule qués.
Liberia	»	Landolphia	4	Mouravia	»	»	Boule bles dir
Grand-Bassam (Assinie)	Côtes de l'Ivoire	Ficus Landolphia Urostigma	4	Grand-Bassam	Liverpool Londres	»	Se pré forme (Marble 3 centi diamètr
Acra-Biscuits	id.	Landolphia	3. ε.	»	Londres	»	Petits
Niger-Niggers	Cameroon	Landolphia	»	»	»	»	Boule fois sou semble alors bc quées.
Gabon (en boules)	Gabon, Congo.	Landolphia.	Inconnu.	Ambriz.	Anvers, Rotterdam, Londres.	»	Masse lumineu prennent longue des réci elles se
Gabon (en langues).	»	»	Inconnu.	»	»	»	Morce grosseur au petit d sés et col contre le mais qu soudent eux grâc humidité
Congo.	»	Landolphia.	2. γ. et quelquefois 1 β. II.	Banane.	Anvers, Le Havre.	»	Boules (Thimble
Loanda (thimbles)	Angola.	»	1 β. II 2 δ. 1 β. I. 4.	Saint-Paul de Loanda.	Marseille, Bordeaux, Nantes, Le Havre.	»	Dès o plus ou m faits de mètres à mètres d

…MERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

Robe	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
…icains (*Suite*).						
…ge-brun terne	Gris ardoisé. A la chaleur de 30° devient poisseux et collant. Terne.	»	Impuretés. Humidité considérable.	25-35 %	Mou, spongieux, peu estimé.	»
Brun	Blanc.	»	Humide. Fraudé par impuretés, végétaux et sables.	25-35 %	Assez bonne qualité.	»
Brun	Brun foncé légèrement transparent. Quelques points blancs. Surface polie brillante.	»	Presque pas d'impuretés.	20 %	Ferme, bonne qualité très recommandable.	Les marbles ou billes sont généralement indice de bonne qualité.
»	Blanc veiné de rouge.	»	Terre.	35 %	Peu nerveux, qualité passable, secondaire.	»
…gé-Noir	Rouge.	»	Très impur. Beaucoup plus soignée depuis quelques temps.	40-50 %	Qualité peu estimée d'abord et qui semble rentrer dans la faveur du consommateur.	»
…n, legt …rent aux doigts.	Blanc, rempli de poches donnant issue à un liquide blanchâtre.	Nauséabond (matière azotée en fermentation).	Très humide, peu d'impuretés.	40 %	Lâche, peu apprécié.	Action de l'hypochlorite de chaux.
Noir	Blanc gris ardoisé masse spongieuse coupe sèche parsemée de points blanchâtres.	id. id.	id.	45 %	Peu apprécié.	»
…âtre ou …n foncé.	Blanc spongieux.	id. id.	Peu humide.	40 %	Thimbles plus estimés que les boules.	»
… ardoisé.	*Matière sèche brillante, gris, ardoisée avec nombreuses piqûres blanchâtres.*	Nauséabond comme Congo sec.	Pas de corps étrangers depuis quelque temps tendance à frauder).	15-20 %	Tendance à tourner au gras. La plus estimée des sortes d'Angola.	Il est nécessaire de conserver ce caoutchouc au frais.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VARIÉTÉ

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Formes commerciales plus usuell
							III. Caoutcho
Loanda (Niggers ou Prima).	Angola.	Landolphia.	1β II. 1β III 4.	Saint-Paul de Loanda.	»	»	Boules de 5 centimètres mètre.
Angola (Niggers).	Angola.	id.	1β II.	»	»	»	Boules de 5 centimètre mètre et pl moins déform
Benguela (agglomérés).	Benguela.	»	»	»	»	»	Boules pr soudées ense
Mozambique (marbles billes)	Mozambique.	Vahea Landolphia.	3. II.	Natal.	»	»	Pelotes d enroulés de grammes à 1k
Mozambique (boules)	»	»	4.	»	»	»	Boules de 4 centimètr diamètre, fi lotés.
Mozambique (fuseaux).	»	»	1β III enroulé autour d'une âme en bois.	»		»	Fuseaux 15 centimèt longueur 2 centimètres d mètre.
Zanzibar.	Zanzibar, Darrar, Afrique Centrale.	Landolphia	»	Zanzibar.	»	»	Comme Mozambique
Madagascar (Black noir).	Madagascar Commores.	Vahea Willughbeia.	4.	Nossi-Bé.	»	»	Masses d mes irrégul plus général aplaties pa pression da emballages. lume varie grosseur de à celui de l humaine.
Madagascar, Pinchy rose.	Madagascar, Réunion.	»	»	Tamatave.	»	»	id.

…MERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

Robe	Coupe	Odeur	Adultération	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
…icains (*Suite*)						
…n ambré …ugeâtre.	Blond corné translucide.	»	Très peu de corps étrangers, point d'humidité.	8 %.	Très nerveuse très recherchée.	Tend de plus en plus à disparaître du marché et à être remplacé par l'espèce suivante dite tête de nègre angola.
…un rou-…eâtre.	Brun rougeâtre à la surface, presque translucide vers le centre; très molle qui à l'air au bout de quelques jours durcit comme la robe.	»	Quelques débris végétaux de petite dimension, humidité sensible.	20 %.	Moins nerveuse plus poissante.	»
»	»	»	Beaucoup de débris végétaux sable et terre beaucoup d'humidité.	30 à 50 %.	Qualité très inférieure.	»
… foncé.	Grisâtre tirant sur blanc crème.	»	Très humide.	jusqu'à 40 %.	Qualité secondaire.	»
…tôt rose, …t noir.	Blanc rosé, coupe brillante.	»	Humidité, sable, terre.	15-25 %.	Assez estimé sauf adultération.	»
…ôt rose, …t noir.	Couches roses et couches concentriques noires plus nombreuses vers le centre.	»	Peu d'humidité très fraudé par débris végétaux et même sable.	18-30 %.	Assez estimé s'il n'était fraudé.	»
…e boules …mbique.	Comme boules Mozambique.	»	Comme boules.	Mozambique	»	»
…oir ou …n très …, humi.le …rt d'im-…retés.	Blanc, legt, rosé.	»	Terre, gravier, beaucoup d'humidité.	30-45 %.	Moins estimé que le pincky rose.	»
…n rosé, …, propre, … comme … blonde.	Rouge clair, ou rosé.	»	Peu d'impuretés assez d'humidité.	25-30 %.	Très estimé, peu nerveux, assez élastique.	Spécialité pour articles moulés.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES VARIÉT

Dénomination commerciale	Origine géographique	Origine botanique	Mode de coagulation	Port d'embarquement	Marché commercial	Emballages	Formes commerciale plus usuell
							IV. Caoutchou
Assam.	Nord-Ouest du Bengale (Brahma poutra).	Ficus, Urceola.	1. α. II. 11 γ. 13. III.	Calcutta.	Londres	Ballots entoilés de jute et liens de rotins.	Blocs allant qu'à 150 gra adhérents f ment à la to laquelle ils collent par du gras que p rapidement genre de c chouc.
Rangoon.	Birmanie Cochinchine, Annam, Tonkin.	»	»	Singapour.	»	»	Masses irr lières.
Penang et Patani.	Prince de Gallez Malaca.	Ficus, Cynanchum.	»	Penang.	»	»	Blocs irrég de 1 décin carré environ
Ceylan caoutchouc.	Ceylan	Manihot Glazowii.	»	»	Londres	»	»
							V. Caoutcho
Java (Lampong).	Sumatra (Sud-Est).	Ficus.	1 β III	Singapour.	»	»	Pains d'un lume plus moins consi ble formés pa mes agglutiné
Java (Ben kalen).	Sumatra (Sud).	»	»	»	»	»	id.
Java.	Java.	»	»	»	»	»	»
Bornéo (Assam blanc).	Bornéo. Iles de la Sonde, des Célèbes. Mollusques et Philippines.	Urceola, Willughbeia, Dijera Callotropis.	3. E.	Macassar. Singapour.	»	»	Plaques ou b plus ou moin lumineuses d mees (callotr Plaques va de 2 à 3 c mètres d'épai avec nombr dépressions (t origines b ques).
Bornéo (Djambès).	Sumatra.	Urceola.	»	Singapour.	»	»	Boules et ques.
Bornéo. (Ben Koelen)	»	»	»	Elock Pura.	»	»	Plaques peu épaisses
Nouvelle Calédonie.	Nouvelle Calédonie.	Ficus prolixa. (Banian). Urostigma, Prolixa, Artocarpus, Integrifolia.	1. α 1.	Port-Vila.	Marseille.	»	Pains c Para de 6 kilogrammes

MERCIALES DU CAOUTCHOUC BRUT (*Suite*)

lobe	Coupe	Odeur	Adultérations	Perte à l'emploi industriel	Estimation	Observations
tiques						
Brun	Foncé tantôt gris, tantôt rougeâtre avec parties blanches presque transparentes.	»	Humidité. Sable, bois, terre.	25-40 %.	Peu estimé.	Tend à disparaître du marché.
n très oncé.	Brillant, marbré de blanc, rouge noir.	»	Toujours du bois	20 %.	Plus estimé que le précédent.	»
oir à érieur.	Brun foncé. Brun clair transparent.	»	Terre, sable.	20-25 %.	Assez nerveux.	»
»	»	»	»	»	»	Culture rationnelle. Importation récente.
aniens						
mes de r foncée une.	Rouge brun.	»	»	18-30.	Peu estimé.	Tendance à noircir et à poisser à l'air et à la chaleur.
mes de r claire nde.	Nougaté de larmes de gutta-percha rouge de Sumatra avec efflorescence bleuâtre.	»	»	30-45.	»	»
nes de ration anchée.	Plus nettement nougatée.	»	»	18-45.	Peu estimé.	»
Grise tropis). (autres es botaues).	Pâte blanche (callotropice). Blanche teintée souvent de rose ou de violet. (Autres origines botaniques).	Les Gommes provenant du callotropis ont une odeur de cuir tanné attribuée au tannin contenu dans ce liane. Les autres sortes ont une odeur nauséabonde provenant des matières albuminoïdes du latex emprisonné et non antiseptisé par du tannin.	Poches à sérum abondantes. Poches à sérum abondantes, sables fréquemment, argile verdâtre.	35-30 %. 35 %-40 %.	Assez bon. Bien moins estime.	»
rouge	Rouge verdâtre.	»	Argile, eau en quantité.	45 et plus.	Assez peu estimés à cause des falsification.	»
un.	Blanc à l'intérieur.	»	Assez pure.	»	Bonne qualité.	»
tirant noir.	Section veinée de blanc.	Lgt boucané.	Très pure.	18-20 %.	Très bonne qualité lorsqu'il n'y a pas mélange de diverses espèces. Un peu résineux.	Introduit depuis peu de temps sur le marché européen.

Nous condensons d'autre part dans un tableau synthétique l'énumération des variétés commerciales actuellement en circulation, et nous mettons en regard de chacune d'elles l'origine géographique de l'espèce, son origine botanique, son mode de coagulation pratiqué et indiqué par abréviation avec les notations adoptées dans le chapitre précédent au tableau des divers modes de coagulation. Nous indiquons en même temps le port d'embarquement habituel quand il est connu, le pays ou le marché qui importe spécialement la sorte, les formes tangibles sous lesquelles la marchandise se présente, sa robe, la texture de sa coupe, l'odeur spéciale dégagée souvent par chaque espèce, les adultérations fréquentes qu'elles subissent, leur déchet à l'emploi industriel, l'estimation de sa valeur commerciale ; enfin, dans la colonne des observations nous mentionnerons, s'il y a lieu, telle particularité que nous aurons jugée importante sans qu'elle ait pu trouver place dans les autres colonnes de notre tableau.

Nous n'avons pas la prétention d'arriver ainsi à un travail d'une précision rigoureuse et à des estimations absolues. Ces résultats ne sont possibles que pour les produits manufacturés d'une manière régulière, méthodique et presque mathématique ; ici nous nous trouvons en présence d'une matière, produit de l'effort isolé et individuel d'ouvriers dont un est plus indolent, l'autre plus actif, l'un plus honnête, l'autre plus rusé et moins scrupuleux, l'un plus routinier, l'autre plus innovateur et surtout plus observateur. Il s'en suit une différence de production variant à l'infini dans chaque sorte et qui rend ce classement extrêmement difficile. Nous avons néanmoins cru devoir présenter notre travail ; quelqu'imparfait qu'il puisse paraître il permet ainsi d'embrasser d'un seul coup d'œil la généralité de la production gummifère avec les caractères essentiels de chaque variété et de donner une idée assez exacte de la production actuelle.

CHAPITRE V

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU LATEX ET DU CAOUTCHOUC CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Observations préliminaires

Dans le chapitre I[er] de ce travail nous avons donné la définition générale du latex et du caoutchouc; dans les chapitres suivants, nous avons appelé l'attention du lecteur sur les différences qui peuvent se présenter aussi bien dans les propriétés physiques de ces deux substances que dans leur constitution chimique, suivant la nature des sujets producteurs, leur âge, le milieu dans lequel ils se trouvent, selon la saison et même l'heure de la récolte, selon le mode d'incision des végétaux, et enfin le procédé employé pour la séparation et l'obtention de la gomme qui se trouve en suspension dans le suc laticifère.

De cette diversité de circonstances pouvant influer d'une manière ou d'une autre sur la matière que nous avons à examiner découle selon nous l'absolue nécessité d'étudier les propriétés physiques et chimiques du latex et du caoutchouc suivant une méthode rationnelle et uniforme. A cet effet, nous adopterons un seul et même type que nous examinerons aux différents points de vue que comporte le sujet. En procédant ainsi nous pourrons espérer tirer quelques déductions d'un intérêt réellement tangible pour la pratique industrielle, et si, dans notre étude, il survenait quelque anomalie, quelque exception digne d'attirer l'attention, il nous suffirait de la signaler au lecteur. Quelques exemples feront plus nettement comprendre notre pensée.

Le D[r] Adriani, à qui nous devons un travail vraiment remarquable sur le latex frais du ficus elastica extrait directement du végétal dit avoir observé d'une manière générale que la quantité de matière solide contenue dans un suc gummifère devient d'autant moindre que l'incision se fait sur les parties plus élevées et, par conséquent, plus jeunes de l'arbre incisé. Il a opéré sur un ficus elastica de $2^m,25$ de hauteur. Voici ce qu'il a obtenu :

Quantité de latex évaporé	Hauteur de l'incision	Résidu total	Matière solide 0/0
$1^{kg},185$	0,30	0.046	25.15
0, 393	1,74	0.095	24.05
0, 143	2,10	0,030	20,98
0, 825	2,25	0,145	17,70

Ces données analytiques sont certainement très intéressantes, et le seraient encore bien davantage si elles avaient été entreprises non seulement sur le ficus elastica, mais encore et dans les mêmes conditions sur la généralité des autres végétaux gummifères. Nous en pourrions déduire quelque loi générale sur la partie la plus avantageuse à laquelle le végétal producteur doit subir la saignée, mais elles nous montrent en même temps l'inanité d'une indication sommaire de tel ou tel manuel traitant de ce sujet, lorsqu'il nous annonce que le latex fournit un tant °/₀ de caoutchouc sans autres indications.

Le même savant, en examinant au microscope le latex du ficus, trouve que les globules complètement sphériques qui constituent le caoutchouc et qui flottent en grand nombre dans le sein du liquide ont une moyenne de 2, 3 micromillimètres quand ce latex a été tiré de la partie basse de l'arbre, tandis que celles de la partie supérieure ont une moyenne de 2 micromillimètres. Donc, pour donner la dimension des globulites du caoutchouc, il est indispensable de préciser à quelle hauteur du sujet saigné le latex a été recueilli et à quelle variété appartient l'arbre.

Voici trois expériences faites pour donner la densité du latex : l'une a été entreprise sur un suc sans indication aucune d'origine ni de hauteur. Les deux autres sont fournies par Ure sur un latex plus riche en gomme, l'autre sur un suc plus pauvre.

Musprat : sans indications, densité.	1,01200
Ure : Latex plus épais »	1,01750 soit 37 °/₀ de gomme
Ure : Latex plus léger »	1,04121 soit 20 °/₀ de »

Ces données ne peuvent nous faciliter la détermination exacte de la densité d'un latex et ici encore il serait indispensable de pouvoir comparer les résultats avec ceux fournis par un type fixe et immuable.

Ces différences, et partant ces difficultés, ressortent bien davantage encore si nous comparons les essais analytiques d'un latex.

Faraday a analysé en 1826 un lait d'hévéa expédié en Europe ; en regard de cette analyse on place généralement celle donnée par Adriani et faite sur le suc gummifère d'un bourgeon terminal.

Analyse d'un lait importé du Brésil (Faraday)	
Gomme élastique.	37,70
Matières albuminoïdes.	1,90
Substance colorée, azotée, amère.	7,13
Substance soluble dans l'eau . .	2,90
Cire	0,13
Eau légèrement acide	56,37

Analyse d'un lait de ficus de 2m,25 de hauteur (Adriani)	
Gomme élastique	2,57
Résine soluble dans l'alcool, mais insoluble dans l'éther. . . .	1,58
Acides organiques combinés à la magnésie	0,36
Substance insoluble dans l'eau .	2,18
Sels sodiques et calciques . . .	traces
Eau	82,30

Ure de son côté n'a pas trouvé, dans deux latex soumis à l'ana-

lyse, les matières albuminoïdes signalées par Faraday ; par contre il y a constaté la présence du tannin.

Enfin Nees d'Esembeck et Clamor Marquart ont bien vu dans le latex du tronc des ficus le caoutchouc réel tel que nous le comprenons, mais non dans les branches et les feuilles du même végétal : la substance qui le remplace et qu'ils appellent *viscine* ne se convertit qu'ultérieurement, d'après ces deux chimistes, en gomme élastique.

Nous pourrions continuer nos citations, mais le peu que nous venons de relater suffit amplement à démontrer que si les travaux des nombreux savants qui se sont occupés de cette matière sont pleins de détails intéressants et constituent des documents précieux pour l'histoire du caoutchouc, ils n'en manquent pas moins de coordination suffisante pour qu'on en puisse tirer des lois précises et certaines. Nous croyons donc qu'il serait utile de procéder plus méthodiquement et que ce serait ainsi rendre service à ceux qui cherchent, dans un ouvrage de ce genre, un renseignement acquis dont ils pourront tirer les conclusions qui en découlent au point de vue où ils se seront placés.

C'est la raison déterminante qui nous a incités à n'étudier les propriétés physiques et chimiques du latex et du caoutchouc qui en provient qu'eu égard au végétal producteur le plus estimé et fournissant la gomme à laquelle le commerce et l'industrie ont accordé jusqu'à ce jour une juste préférence : l'Hévéa Brasiliensis ; et comme type nous choisissons un hévéa âgé d'environ 25 ans, c'est-à-dire arrivé à l'âge adulte et susceptible, par conséquent, de produire le lait le plus abondant et le plus riche. Notre végétal a été incisé à 0,50 cm au dessus du sol dès la première heure du jour en septembre, deuxième mois de la période sèche de l'année 1888 (bonne récolte moyenne dans la basse Amazonie).

Si sur notre route nous trouvons, dans les nombreux documents que nous fournit à ce sujet la littérature spéciale, un fait en contradiction flagrante avec nos données, nous nous empresserons de le signaler à l'attention du lecteur : un travail du genre de celui que nous avons entrepris n'ayant jamais rien d'absolu.

Latex. — Propriétés physiques.

Couleur. — Le latex de l'hévéa brasiliensis, pris dans les conditions spécifiées ci-dessus, a été examiné au microscope. C'est un liquide qui paraît *blanc* à l'œil nu, mais qui, en réalité, est *incolore* ou plutôt légèrement *ambré* et dans lequel flottent en suspension quantités de globulites sphériques d'un diamètre varié dont la moyenne est d'environ 3,51 μ (1). Ces globulites constituent le caoutchouc. Incolores en eux-mêmes, ils donnent au liquide, par

(1) Le $\mu = 1$ micromillimètre qui est la millième partie d'un millimètre.

leur division extrême, tout en conservant chacun sa propre i
dualité, cet aspect blanc laiteux qu'il n'a pas par lui-même.

La coloration de ce liquide peut d'ailleurs, dans certaines cir
tances définies, se modifier d'une manière assez sensible et influe
sur la coloration ultérieure du caoutchouc qui en provient.
parler de l'action oxydante de l'air et de la lumière dont nous a
plus spécialement à étudier les effets lorsque nous traitero
caoutchouc proprement dit, il est possible que pour certain
sences d'arbres gummifères autres que l'hévéa, le suc partan
tissus laticifères ait à traverser, pour arriver jusqu'à la partie
rieure de la plaie, un autre tissu contenant des sucs colorés :
ce cas la coloration du latex ainsi que sa partie gommeuse se
vera sensiblement modifiée.

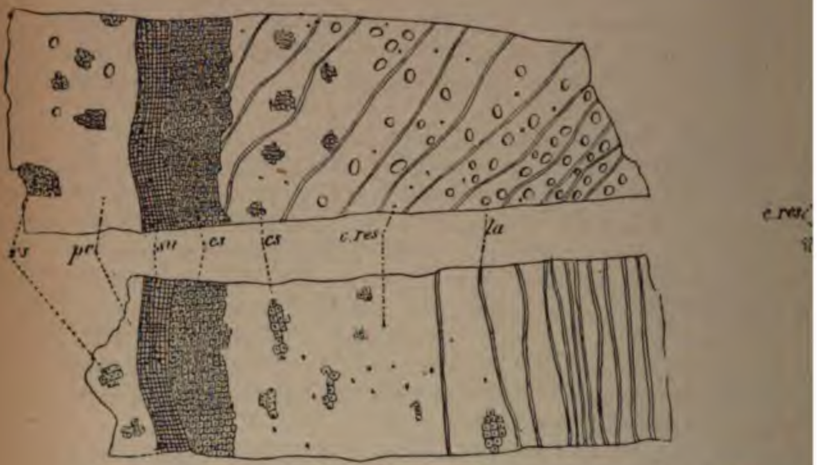


Fig. 19.— 1,1. Coupe transversale et longitudinale de l'écorce du vahéa pro
le caoutchouc mozambique.

cs : cellules scléreuses, *pc* : parenchyme cortical, *su* : suber, *la* : laticifères
cellules résineuses.
2. *c.res* : détail de cellules résineuses sur la coupe longitudinale du vahea q
duit le caoutchouc mozambique.

C'est un fait de ce genre qu'a pu constater M. Morellet en étu
le Vahéa producteur du caoutchouc mozambique. L'examen m
copique de l'écorce de ce végétal lui fournit les observation
vantes :

« On rencontre extérieurement plusieurs assises de parenc
« *p.c.* (fig. 19) alternant avec des assises de suber *s*. En ce
« endroits où la desquamation s'est faite, les deux couch
« ternes sont seules visibles. Sous la couche la plus inter
« suber, nous trouvons des cellules scléreuses *c.s.* en
« nombre, rangées en files radiales, formant une couche co
« épaisse le plus souvent de 10 à 20 cellules, puis de nouve
« parenchyme entremêlé de nombreux paquets de cellules

« reuses, puis du libre mou formé de parenchyme, de cellules pleines « d'une *résine rouge c.res.* jouissant d'un grand pouvoir colorant, « de fibres libériennes en petit nombre et des laticifères en très « grande abondance, surtout dans les parties les plus internes. »

Ce sont donc ces cellules résineuses qui donnent en l'espèce au caoutchouc mozambique la coloration particulière qu'il possède souvent.

Odeur. — Le latex frais de l'hévéa est inodore. Mais, abandonné à lui-même il prend rapidement, sous l'influence de l'oxygène de l'air, une légère odeur de méthylamine qui se retrouvera dans le caoutchouc préparé avec ce suc s'il n'a été stérilisé par l'opération de l'enfumage, comme c'est le cas pour l'espèce dite caoutchouc Para 2me où une faible partie enfumée est mélangée avec une quantité plus considérable de caoutchouc coagulé spontanément. Il est à remarquer, d'ailleurs, que pour toutes les autres essences gummifères, cette odeur caractéristique se manifeste également avec certaines variantes dépendant de la constitution intime de chaque latex et de son état de conservation plus ou moins parfait.

Saveur. — La saveur du lait d'hévéa à l'état frais est peu accentuée, plutôt agréable et sucrée que répugnante et amère. Carrey dit en avoir bu non sans plaisir ; mais il est bien entendu qu'il s'agit toujours de latex frais et la saveur aussi bien que l'odeur se modifient rapidement au contact de l'air : ce fait d'ailleurs, peu sensible pour ce qui concerne les hévéas, l'est bien davantage pour les hancornias du Pérou et les landolphias de l'Afrique occidentale. Dans ce même ordre d'idées, le suc du callotropis gigantea de Bornéo doit sa saveur un peu amère à une matière astringente spéciale dont la présence a été signalée par M. Morellet dans certaines cellules de l'écorce de ce végétal.



Fig. 20. — Coupe transversale du Callotropis gigantea : *c.t*, cellules pleines de tannin.

Densité. — Nous avons vu précédemment combien il est difficile de déterminer d'une manière absolue et rigoureuse la densité du latex et combien de circonstances viennent modifier les chiffres sous ce rapport. En règle générale, plus un suc gummifère est riche en matière élastique, moins élevé est le chiffre de son poids spécifique ; et moins il y aura de caoutchouc, plus élevé sera son poids sous l'unité de volume.

Quoiqu'il en soit, le poids spécifique du latex que nous avons adopté comme type est de 1,019 à la température de 14° C et correspond à une teneur en caoutchouc réel de 32 %.

Propriétés chimiques. — PRINCIPES IMMÉDIATS.

Nous avons donné à la page 54 la composition chimique du late[x] de l'hévéa brasiliensis au moment de sa sortie du végétal. A ce mo-ment il a la composition suivante :

Matières élastiques	32 %
Matières organiques azotées (putrescibles)	2,30 %
Sels minéraux à base de soude et de chaux (pas de magnésie).	9,70 %
Matières résineuses	traces
Eau légèrement alcaline	55 à 56 %

Cette analyse, qui se rapproche sensiblement de celle donnée pa[r] Faraday en 1826, diffère cependant sur un point sur lequel il est in-téressant d'appeler l'attention. L'analyse de Faraday portait sur u[n] lait importé du Brésil et qui, par conséquent, avait mis un temp[s] assez considérable pour arriver jusqu'au laboratoire. Il n'est don[c] pas étonnant, étant donnée la très grande altérabilité du véhicul[e] des globulites gommeux, que, malgré toutes les précautions prise[s] pour l'embouteillage de l'échantillon expédié, Faraday ait trouv[é] dans son analyse une réaction acide, tandis que sur place, au momen[t] même où le liquide sort de la plaie de l'incision, ce même véhicul[e] ait une réaction légèrement alcaline nettement prononcée. Cette al-calinité toute éphémère du lait d'hévéa lui est spéciale et le diffé-rencie totalement du lait des Ficus qui, même dès sa sortie du vé-gétal producteur, fait toujours rougir sensiblement le papier tourne-sol bleu. Adriani, qui a étudié plus spécialement le latex du ficus, attribue cette réaction à la présence d'un acide organique particu-lier qui se distingue des autres acides organiques en ce que se[s] composés potassiques et sodiques se dissolvent difficilement dan[s] l'eau et que les sels qu'il forme avec la chaux, la magnésie et l[e] fer sont, au contraire, très solubles.

Notre analyse mentionne dans le lait d'hévéa 2,30 % de *matière[s] azotées putrescibles*. Nous nous servons à dessein de ce terme plutô[t] que celui de matières albuminoïdes ou protéiques. Le caractère de ce[s] matières n'est pas suffisamment étudié et divise trop les savants qui le[s] ont spécialement examinés pour que nous puissions nous prononce[r] d'une manière définitive et certaine. Elles méritent cependant un exa-men bien attentif, car il n'y a pas de doute que c'est à leur présenc[e] qu'est due cette profonde altérabilité du latex que nous avons déjà si-gnalée et c'est à leur élimination ou neutralisation insuffisante qu[e] le caoutchouc commercial est presque toujours redevable de ses dé-fauts les plus saillants. Nous ne nous appesantirons pas spéciale-ment sur les matières minérales contenues dans le sérum du lai[t] d'hévéa, composées de sels organiques calciques et potassiques [à] l'exclusion de sels magnésiens ; leur présence n'a rien d'anormal e[t]

n'intéresserait que médiocrement si nous n'y entrevoyions un moyen d'analyse permettant d'attribuer ultérieurement, avec quelque certitude, à telle gomme commerciale son véritable certificat d'origine. Les sels magnésiens ne se retrouvent pas en effet dans l'eau-mère du suc d'hévéa, tandis que les analyses d'Adriani les constatent chaque fois dans le latex des ficus asiatiques.



Fig. 21. — Coupe transversale du Vahéa Gummifera ; *pc* : parenchyme cortical ; *li* : liber, contenant des cristaux ; *la* : laticifère ; *f.li* : fibres libériennes.

Un autre phénomène du même ordre trouve ici sa place. Tandis que les sels calciques et potassiques des hévéas accusent une combinaison des deux bases avec un acide organique spécial, indéterminé jusqu'à présent, ces deux mêmes bases se présentent dans le suc des Vahéas combinées avec l'acide oxalique, et l'étude microscopique de l'écorce de ce végétal a permis à M. Morellet de déterminer nettement les cristaux de cette combinaison.



Fig. 22. 1,1'. — Coupes transversale et longitudinale dans l'écorce du Vahéa Sénégalensis ; *la* : laticifères et latex ; *li* : liber ; *cr* : cellules à cristaux.

Les traces de matières résineuses signalées dans l'analyse du lait d'hévéa sont pour le moment quantités négligeables : nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir lorsque nous étudierons plus spécialement la composition chimique du caoutchouc brut commercial lui-même. Nous ne quitterons pas cette étude sommaire de la cons-

titution immédiate du latex des hévéas sans appeler l'attention du lecteur sur un phénomène qui, s'il ne se rapporte pas immédiatement au latex-type que nous avons choisi, a cependant une grande importance. Nous voulons parler de certains principes amylacés et sucrés qui se rencontrent dans le lait des hancornias de Pernambouc et de Maranham, dans celui des landolphias et des Vahéas d'Afrique et les urceolas de la Malaisie. Ces principes ont été pour la première fois signalés par M. Aimé Girard, le savant chimiste qui, dans un premier mémoire adressé en 1868 à l'Académie des Sciences s'exprime ainsi : « La marche défectueuse suivie pour la « préparation du caoutchouc du Gabon, y laisse enfermé un liquide « blanc limpide qui, s'altérant peu à peu, modifie le caoutchouc « lui-même et lui fait perdre à la longue toutes ses qualités. »

« Le caoutchouc du Gabon exige, par suite de ces imperfections, « une méthode spéciale de travail et plus d'une fois, avant que cette « méthode fut établie, les manufacturiers ont dû renoncer à l'emploi « de ce caoutchouc. »

« C'est ainsi que MM. Gérard et Aubert de Grenelle, ne pouvant « tirer un parti utile pour leur fabrication d'un lot de caoutchouc du « Gabon altéré par le temps, se résignèrent à le décomposer par « la chaleur pour le transformer en brai liquide. Dans le cours de « cette opération et parmi les produits volatils condensés dans la « cheminée, ces manufacturiers observèrent une substance blanche « cristallisée en fines aiguilles et douée d'une saveur sucrée : c'est « cette substance que j'ai appelée *Dambonite.* »

D'après M. A. Girard, la Dambonite, matière volatile neutre, préexiste dans le latex lui-même lorsqu'il est de production récente ; lorsque le sérum est au contraire emprisonné depuis longtemps dans les pores du caoutchouc, il ne contient plus la même matière sucrée : il s'est converti en une matière gommeuse au sein de laquelle se trouve, outre un peu de Dambonite inaltérée, une autre matière sucrée, non volatile et de composition différente.

Dans les échantillons examinés l'auteur a pu recueillir $\frac{5}{1000}$ de Dambonite pure du caoutchouc analysé.

C'est une matière cristalline blanche, très soluble dans l'eau, soluble aisément dans l'alcool ordinaire, mais peu soluble dans l'alcool absolu. Elle fond à 190° et se volatilise de 200 à 210° sous forme d'aiguilles longues et brillantes. Sa composition chimique est représentée par la formule $C^8H^8O^6$.

En présence de l'eau, la Dambonite s'hydrate, prend 3 équivalents d'eau qu'elle peut perdre à 100° et sa notation chimique est alors $C^8H^8O^6 + 3\text{-Aq}$. Les cristaux déposés d'une dissolution sirupeuse de cet hydrate sont des prismes oblongs très surbaissés.

La Dambonite ne réduit pas le tartrate cupro-potassique, ne subit de fermentation ni alcoolique ni lactique ; au contact des hydracides concentrés elle est attaquée même à froid ; en élevant la température l'action est plus énergique et à 100°, en présence de l'acide iodhydrique ou chlorhydrique fumant, elle est complète en une demi-heure. Elle subit alors un dédoublement remarquable et si l'opération

a eu lieu en vase clos, on voit se former au sein du liquide des éthers méthyliodhydriques ou méthylchlorhydriques, tandis que dans la liqueur acide reste en dissolution une matière nouvelle neutre, à saveur sucrée, non volatile, cristallisant fort bien, et offrant la composition centésimale d'un glucose desséché, le *Dambose*. La production de ce corps indique donc la véritable constitution de la Dambonite qui ne doit pas être considérée, ainsi que la plupart des matières sucrées comme un alcool polyatomique, mais comme un éther méthylique se dédoublant d'après la formule :

$$\underbrace{C^8H^8O^6}_{\text{Dambonite}} + HI = \underbrace{C^6H^6O^6}_{\text{Dambose}} + C^2H^3I$$

$$\underbrace{C^8H^8O^6} + HC = \underbrace{C^6H^6O^6} + C^2H^3Cl$$

L'auteur résume son premier travail : « Le suc laiteux des lianes « qui forment le caoutchouc du Gabon, renferme un principe sucré « volatile différent, par son allure comme par sa composition, des « matières sucrées étudiées jusqu'ici. Ce principe, la Dambonite, « peut être regardé comme *l'éther méthylique d'un 2e principe « sucré le Dambose* et ce dernier, remarquable par sa grande stabilité, appartient évidemment à la famille des glucoses et pourra « peut-être jouer, comme eux, le rôle d'alcool polyatomique. »

Nous ne suivrons pas M. Girard dans la suite de ses recherches qui lui permirent de signaler à l'Académie des Sciences, en 1871, *la Bornésite* tirée des urcéolas de la Malaisie et en 1873 la *Matézite* tirée d'un caoutchouc du Madagascar appelé, par les indigènes, *Mateza roritina*. Ces deux produits sont également les éthers métyliques de Damboses particuliers que l'auteur intitule *Bornéo Dambose* et *Matezo Dambose*, et nous donnerons simplement les conclusions finales de son travail.

« En comparant les trois produits, dit-il, j ai pu reconnaître nettement la non identité des 3 Damboses formés par leur dédoublement « en présence des hydracides et jai pu constater, entre leurs propriétés « physiques des relations qui, jointes à leurs principales propriétés « chimiques, autorisent à les considérer comme résultant de la con- « densation progressivement croissante d'une même molécule « $C^6H^6O^6$. »

Voici le résumé de mes observations à cet égard :

	Formule	Point de fusion	Pouvoir rotatoire		Point de fusion	Pouvoir rotatoire
Dambonite	$C^8H^8O^8$	205°	0	Dambose $C^6H^6O^6$	212°	0
Bornésite	$C^{14}H^{14}O^{12}$	200°	32 à dte	Bornéo-Dambose $C^{12}H^{12}O^{12}$	220°	0
Matézite	$C^{20}H^{20}O^{18}$	181°	79 à dte	Matezo-Dambose $G^{18}H^{12}O^{18}$	235°	6 à dte

Le travail de M. Girard, déjà très intéressant par lui-même au point de vue de la découverte d'une matière sucrée nouvelle, l'est

bien davantage pour nous en ce qu'il nous permet de donner l'explication la plus plausible de la différence dans la manière dont se comportent les caoutchoucs provenant du lait d'Hévéas comparativement à celui tiré, comme nous venons de le d re, d'autres essences de l'Amérique de l'Afrique et de l'Asie australienne.

Si nous ne sommes pas tout à fait d'accord avec le savant auteur de l'étude sur la Dambonite et de ses dérivés, en tant que nous n'admettons pas la préexistence de la Dambonite dans les latex frais fournissant les divers caoutchoucs qu'il a examinés, il n'en est pas moins vrai que ces latex contiennent une matière amylacée particulière à laquelle il faut indubitablement attribuer l'influence funeste exercée sur les gommes qui en sont retirées, et nous arrivons ainsi à comprendre pourquoi il est indispensable de traiter ces latex d'une manière toute spéciale si l'on veut obtenir une gomme parfaitement accueillie par le commerce et dont l'industrie puisse tirer tout le parti possible. C'est par l'emploi simultané et rationnel de la chaleur naturelle, ou artificielle et du chlorure de sodium, c'est par l'élimination la plus complète possible du sérum résidu de la coagulation du caoutchouc, enfin c'est par la préparation des boules ou fuseaux très tenus qu'on arrivera à atténuer le défaut naturel de ces variétés qui, bien préparées, acquièrent vite une plus value considérable et sont appelées à jouer un rôle de plus en plus important dans l'industrie qui nous occupe. Le chlorure de sodium pourrait d'ailleurs, dans ces espèces, être remplacé encore plus avantageusement par le fluorure d'Ammonium l'antiseptique le plus puissant pour arrêter la fermentation putride des matières amylacées, si son prix de revient trop élevé ne venait s'opposer à son emploi.

Action des réactifs sur le latex de l'hévéa — Eau — Alcool — Ether. — Le suc laiteux n'est pas sensiblement altéré par l'addition d'une faible quantité d'eau. En plus forte proportion, l'eau hâte la séparation des globulites gommeuses et accélère la formation de la couche crémeuse qui contient le caoutchouc. L'alcool et l'éther ont une action analogue.

Acides. — Comme nous l'avons déjà fait observer, les acides tant minéraux qu'organiques employés en faible proportion, déterminent plus énergiquement le groupement des globulites en suspension et, par suite, ils hâtent la coagulation.

L'acide sulfurique concentré détermine une altération profonde du latex, altération qui est d'ailleurs sans intérêt pour le sujet qui nous occupe.

L'acide nitrique concentré, employé à froid, est sans action sur les globulites eux-mêmes, mais détermine la décomposition du sérum où il provoque un précipité gélatineux.

L'acide acétique concentré agit d'une façon toute spéciale sur les globulites en suspension dans le latex : en même temps il hâte leur groupement, provoque le gonflement de chacun d'eux d'une manière très énergique tout en conservant leur texture primitive.

Alcalis. — Contrairement aux acides, les alcalis et principalement l'ammoniaque additionnés au latex empêchent les globulites

de se rassembler et contribuent ainsi à les maintenir à l'état de division infinie au sein du liquide qui leur sert de véhicule. Ce liquide lui-même prend, sous leur influence, une teinte ambrée de plus en plus transparente et l'apparence lactescente tend de plus en plus à disparaître.

La propriété de l'ammoniaque de maintenir à l'état de grande division les globulites gommeux a été souvent mis à profit pour la conservation du latex et son transport à l'état naturel à de grandes distances. A cet effet, l'on a employé avec succès une proportion de 7 à 8 °/₀ d'ammoniaque.

Sels — Alun — Chlorure de sodium — Fluorure d'ammonium. — Les sels en général, mais particulièrement les sels jouissant de propriétés antiseptiques tels que l'alun, le chlorure de sodium, le fluorure d'ammonium sont de puissants coagulants des divers latex : ils paraissent cependant avoir une action plus énergique sur les laits des autres essences à l'exclusion du lait d'hévéa où leur action est moins sensible.

Corps halogènes — Chlore — Brome — Soufre. — C'est surtout sur le chlore, l'iode et le brome que doit se porter ici notre attention. Il ne saurait être question du soufre : son insolubilité dans les véhicules ordinaires pouvant se mélanger au latex, comme aussi sa volatilité nulle à la température ordinaire, ne peuvent que rendre son action inefficace au milieu du liquide gummifère. Mais il n'en est pas de même du chlore, de l'iode et du brome. Ces trois corps, solubles dans l'eau et dans l'alcool à la température ordinaire, permettent de les mettre en contact avec les principes immédiats du latex et il est facile de constater l'action qu'ils exercent sur certains d'entre eux, notamment sur les globulites gommeux qui, en définitive, nous intéressent particulièrement. Sous leur influence ces globulites se colorent en brun, s'agglomèrent rapidement pour former une masse unique, très ductile, qui se laisse étirer en longs filaments. La présence de ces corps a donc évidemment modifié la composition chimique de la matière gommeuse dès son existence au milieu de la masse laticifère : si la matière est devenue visqueuse, c'est à un excès de réactif qu'il faut l'attribuer. Comme nous le verrons bientôt, cette influence des corps halogènes sur la gomme élastique devient encore plus énergique lorsqu'elle est débarrassée de tous les autres corps constitutifs du latex ; et nous verrons que les effets produits ne seront pas sans une certaine analogie avec l'action si singulière du soufre mis en contact avec la gomme, surtout si une élévation de température et une division extrême permettent au métalloïde d'agir avec plus d'énergie.

Propriétés du caoutchouc

Observations préliminaires. — En étudiant es principes immédiats constitutifs du latex d'hévéa, nous avons examiné sommairement chacun d'eux, nous réservant pour terminer le principe es-

sentiel : la gomme appelée caoutchouc. Pour la parfaite intelligence de ce qui va suivre, il est indispensable de faire cette étude sur une matière parfaitement déterminée, car tel caoutchouc provenant du latex d'hévéa possède telles propriétés physiques et chimiques que n'a pas tel autre préparé avec moins de soins, ce que nous avons d'ailleurs déjà fait remarquer précédemment.

Il demeure entendu que le caoutchouc dont nous allons étudier la structure et les propriétés diverses sera bien celui fourni par le latex type adopté dans ce qui précède ; il aura été dégagé des autres principes immédiats au milieu desquels il se trouve dans le latex par le procédé dit de l'enfumage à l'exclusion de tout autre ; pour étudier et déterminer sa constitution chimique et sa formule, nous lui ferons subir le traitement proposé par Payen pour l'obtention d'un caoutchouc absolument pur, exempt de toutes matières étrangères.

Préparation du caoutchouc chimiquement pur. — La gomme dite Para prima est réduite en fragment très tenus, au moyen d'un instrument tranchant, puis soumise à une dessiccation prolongée et ininterrompue, à l'étuve. Ainsi débarrassée de la totalité de son eau d'interposition, la matière est mise en digestion avec cinq à six fois son poids de sulfure de carbone anhydre. Lorsque la masse a pris une consistance gélatineuse, opalescente, on y ajoute 6 °/₀ d'alcool absolu, ce qui rend la solution claire et fluide. Ainsi liquéfié, le caoutchouc est filtré sur un tampon d'amianthe et versé dans deux fois son poids d'alcool absolu. Il se produit alors une séparation instantanée : la matière gommeuse est précipitée au fond du vase, tandis que le sulfure de carbone dissous dans l'alcool vient surnager. Après un repos suffisamment prolongé, on décante le liquide et on lave le résidu à plusieurs reprises avec l'alcool absolu jusqu'à ce que celui-ci, évaporé, n'abandonne plus traces de matières étrangères. Le précipité est recueilli, desséché à 70° C et traité de nouveau comme précédemment. On obtient finalement un caoutchouc chimiquement pur d'une densité de 0,920 à la température de + 14° C. La composition élémentaire accuse alors :

Carbone	87,27
Hydrogène	12,73

et sa notation chimique correspond à la formule atomique de

$C^4 H^7$ ou bien à la formule moléculaire de : $C^8 H^7$.

Cette formule, qui est d'ailleurs celle de Faraday, G. Williams et Payen, a quelquefois été contestée. G. Williams a trouvé dans son analyse la composition élémentaire suivante :

Carbone	86,1
Hydrogène	11,3
Azote	0,7
Cendres	0,9

Il n'a donc dû opérer que sur une matière insuffisamment épurée et sous cette réserve son analyse n'est que la confirmation de celles sur lesquelles nous basons notre travail.

Quant aux chlorures et sulfures signalés par A. Girard et Cloëz, c'est encore à une matière impure qu'il convient de les attribuer. L'analyse d'Adriani qui porte sur les gommes des ficus accuse

Carbone	78,25 %
Hydrogène	10,34 %
Oxygène	11,40 %

Mais, en tenant compte que ce savant avait employé une matière restée pendant plusieurs mois au-dessus de l'acide sulfurique et qui était devenue entièrement dure, on en peut inférer que le caoutchouc était altéré et que les résultats donnés ne peuvent en rien infirmer ceux donnés plus haut.

Notre formule atomique C^4H^7 serait donc définitive n'était l'action de la chaleur sur le caoutchouc pur. D'après les produits de la distillation du caoutchouc, comme nous le verrons plus loin, il convient d'adopter la formule atomique définitive.

$$(C^5H^8)$$

et de considérer ainsi la gomme élastique comme un mélange de carbures polymères à équivalents élevés, dérivant d'un carbure fondamental C^5H^8 de la classe des terpènes ou polyterpènes qui, sous l'influence de l'oxygène atmosphérique et de la lumière, se change partiellement en produits résineux et fournit ainsi les divers caoutchoucs du commerce.

Densité. — La densité du caoutchouc est généralement indiquée comme variant entre 0,919 à 0,942 et quelquefois même on a donné le chiffre 0,966, comme par exemple Adriani, qui étudiait spécialement les caoutchoucs tirés des ficus. Ces écarts font d'abord ressortir une différence très considérable entre les diverses provenances, mais elles nous font comprendre en même temps d'une manière très tangible combien il est nécessaire, dans une monographie comme celle que nous avons entreprise, de ne jamais prendre pour point de départ qu'un seul et même type pris dans des conditions toujours identiques. Nous disons donc que le caoutchouc chimiquement pur préparé par le procédé Faraday avec du lait d'hévéa a une densité de 0,919 à une température de + 14° C et que le Para prima commercial à la même température a une densité de 0,930. Dans les mêmes conditions toutes les autres sortes commerciales ont une densité plus considérable que nous attribuons, non seulement à une teneur en eau plus considérable, mais encore au plus ou moins de matières organiques dont cettte eau est chargée et qui contribuent à modifier le résultat des pesées, ainsi qu'à la juxtaposition à la gomme pure d'une quantité plus ou moins importante de matière altérée, dite oxydée. M. Chapel, secondé par M. Bouquillon, a entrepris à ce su-

jet une série d'expériences pour déterminer le poids spécifique des diverses gommes employées dans la fabrication après que ces gommes ont été déchiquetées, épurées et séchées, en un mot alors qu'elles sont prêtes à être utilisées. Ces essais, faits à la température de + 16° à l'aide d'une balance hydrostatique très sensible, ont donné les résultats suivants :

Para	0,914	Sierra Léone	0,923
Colombie et Pérou	0,915	Sénégal	0,929
Madagascar	0,915	West Indian Scraps	0,935
Bornéo	0,916	Mozambique	0,939
Sernamby	0,918	Céara	0,958
Boules de Nègres	0,920	Assam	0,967

Nous verrons d'ailleurs que comme le caoutchouc est susceptible de dilatation et de contractibilité, sa densité variera suivant que les essais auront été entrepris à telle ou telle température.

Propriétés physiques. — Nous ne pouvons étudier les propriétés physiques du caoutchouc sur une matière chimiquement pure, préparée comme celle qui nous a servi à l'étude de sa composition élémentaire et de sa formule chimique. Il a toujours été reconnu que cette matière perdait chaque fois, par sa dissolution, une partie plus ou moins considérable de ses propriétés physiques essentielles et il est indispensable, dans l'étude qui va suivre, de recourir à un autre procédé pour l'obtention d'une matière aussi pure que possible : celui indiqué par Faraday nous paraît le plus simple en même temps qu'il laisse intactes, autant que possible, les propriétés d'une matière si facilement altérable.

Préparation du caoutchouc d'hévéa commercialement pur. — Pour nous procurer le caoutchouc nécessaire à nos études, nous étendrons donc le lait d'hévéa sitôt que recueilli, de quatre fois son volume d'eau et nous abandonnerons le mélange à lui-même pendant 24 heures dans un endroit très froid, à l'abri de la lumière solaire. Dans ces conditions le caoutchouc se sépare sous la forme d'une crème blanchâtre plus légère que le sérum. La partie liquide soutirée au bout de ce temps est remplacée par de l'eau distillée très froide légèrement acidulée avec de l'acide chlorhydrique et aiguisée, d'un peu de chlorure de sodium pur puis les lavages se continuent avec l'eau distillée seule jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus trace de matières étrangères et qu'elles soient parfaitement limpides. On recueille alors la masse composée d'une multitude de petites fibres agglomérées d'où la pression fait sortir l'eau, pourvu que l'opération se fasse à une température qui ne dépasse pas + 14° C. La masse pure ainsi obtenue est desséchée complètement sur la porcelaine dégourdie, à l'abri de la lumière autant que possible. Dans cet état, le caoutchouc se présente sous forme d'une pellicule blanche, opaque, élastique, et qui, lorsqu'elle est complètement desséchée dans l'obscurité, finit par devenir diaphane ; il reste incolore avec une légère teinte am-

brée et possède toutes les propriétés des meilleures sortes commerciales.

C'est sous cette forme que nous allons étudier spécialement les propriétés physiques du caoutchouc.

Structure interne. — A l'état diaphane, la gomme élastique examinée au microscope (ce qui, soit dit en passant, est une opération extrêmement difficile et délicate, la matière grâce à son élasticité refoulant sous la pression du microtome et ne permettant que difficilement d'obtenir une couche assez mince pour pouvoir être examinée) ne présente pas de vides sensibles, même avec un grossissement de 1000 fois, et a plutôt l'aspect de feuillets compacts et irréguliers (Wiesner). D'après Payen, au contraire, qui a examiné dans les mêmes conditions des lamelles très minces de Para-caoutchouc encore blanches et opaques, on y observe des pores très nombreux arrondis irrégulièrement, communiquant entre eux, qui se dilatent même sous l'influence capillaire des liquides et des gaz qui n'exercent pas un pouvoir dissolvant sur la substance.

Nous verrons tout à l'heure, lorsque nous parlerons de la perméabilité du caoutchouc, quelles conséquences la science a su tirer de cette structure poreuse qui est la structure naturelle, le caoutchouc diaphane et anhydre examiné par Wiesner n'étant qu'une exception qui se rencontre quelquefois dans le Céara et le Madagascar.

Couleur. — Nous avons vu précédemment que le caoutchouc récemment préparé selon la méthode Faraday, avec le lait d'hévéa frais, à l'abri de la lumière solaire et à une température ne dépassant pas 14° centigrades, est diaphane et incolore lorsqu'il a été soumis à une dessiccation suffisante, et qu'il présente un aspect laiteux plus ou moins opaque lorsque la dessiccation n'a été poussée qu'à un degré inférieur.

L'aspect blanc et opaque que l'on observe souvent à l'intérieur de la coupe du caoutchouc fraîchement sectionné et de préparation récente est donc le signe caractéristique d'une teneur en eau d'interposition plus ou moins considérable et qui, dans l'espèce commerciale dite Para prima, varie de 10 à 20 °/₀; mais dans certaines autres sortes, elle peut aller, jusqu'au-delà de 50 °/₀ par suite d'une préparation plus défectueuse.

Ce même caoutchouc de préparation récente, mais obtenu par le procédé dit de l'enfumage, c'est-à-dire au moyen de la coagulation par la chaleur artificielle, est brun ambré et légèrement opaque. Sa coloration est due à la présence des matières empyreumatiques et du carbone à l'état de division extrême que l'enfumage y a incorporés.

Quel que soit le procédé d'obtention employé, la couleur de la gomme tend rapidement à se modifier sous l'influence de la lumière et de l'oxygène atmosphérique. Mais comme ce n'est pas seulement la coloration qui se modifie ainsi mais encore la composition chimique de la matière elle-même, nous nous contentons de signaler ce changement et nous nous réservons de revenir sur ce sujet lorsque nous parlerons de l'action des réactifs sur le caoutchouc.

Odeur et saveur. — Nous ne parlerons que pour mémoire de l'odeur et de la saveur du caoutchouc. Ce corps à l'état de pureté, soit qu'il ait été préparé par le procédé Faraday, soit qu'il ait été obtenu par l'épuration chimique des sortes commerciales, est par lui-même inodore et insipide. Si parfois il acquiert, dans les espèces livrées à l'industrie, l'odeur et le goût du méthylène, du vieux rhum, si parfois même il contracte une odeur fétide, ce qui est souvent le cas pour les gommes africaines, il faut attribuer ces faits à une préparation plus ou moins défectueuse et à l'élimination insuffisante des matières putrescibles qui l'accompagnent dès sa sortie des végétaux producteurs sous forme de latex.

Conductibilité de la chaleur et de l'électricité. — Le caoutchouc est en général mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. Cependant chacune des espèces différentes de cette substance possède cette qualité négative à un degré plus ou moins prononcé et c'est certainement la gomme tirée du suc d'hévéa qui la possède au degré le plus élevé. Le degré de pureté l'exalte encore ; par contre l'altération que subit la matière sous l'influence de l'air, de l'oxygène, de l'ozone ainsi que de la lumière, la diminue parfois à tel point qu'un caoutchouc ainsi modifié conduira fort bien et la chaleur et l'électricité.

C'est ainsi qu'on avait songé dans l'industrie à se servir d'un revêtement de caoutchouc doublé de sparterie pour préserver les tuyautages des machines à vapeur contre les déperditions trop considérables de calorique : l'expérience a prouvé que cet enduit perdait rapidement ses qualités protectrices. Il en est de même de l'application du caoutchouc brut dans les appareils électriques : d'abord excellents, ils perdent rapidement leurs propriétés diélectriques.

Perméabilité. — Payen, qui a spécialement étudié cette propriété en 1832, s'exprime ainsi :

« *Action de l'eau.* — La porosité du caoutchouc explique sa « perméabilité facile par différents liquides dépourvus d'action chi- « mique notable sur lui. L'eau offre un des exemples les plus in- « téressants de ce phénomène : des tranches minces de caoutchouc « sec, l'une d'un caoutchouc blanc opaque ; l'autre en feuilles ou « lames légèrement jaunâtres et translucides » (c'est-à-dire les unes plus anhydres que les autres) « immergées pendant 30 jours dans « l'eau, en ont absorbé pour 100 parties, les unes 18,7, les autres « 26, 4 ; les premières avaient augmenté en longueur de 5 et en vo- « lume de 13,73 %.

« Une semblable pénétration du liquide peut, à la longue, se pro- « duire dans la masse des feuilles épaisses de caoutchouc, et l'on « conçoit qu'ensuite un temps considérable soit nécessaire pour « l'éliminer complètement ; car les couches superficielles se dessé- « chant les premières, resserrent considérablement leurs pores et « s'opposent à la dessiccation ultérieure des points centraux. On « devra tenir compte de cette sorte d'hydratation mécanique dans « les transactions commerciales, puisque, par ce fait seul, la valeur « réelle peut être amoindrie de 18 à 26 %, et qu'une nuance plus « blanche n'annoncerait qu'une qualité supérieure purement illu-

« soire. D'ailleurs, la présence de l'eau s'oppose à la pénétration des « liquides employés dans l'industrie pour dissoudre ou gonfler la « gomme et diminue sa ténacité et sa ductilité (1).

« La blancheur apparente et l'opacité n'ont pas en général d'autre « cause que l'eau interposée, et une dessiccation complète suffit pour « faire apparaître la coloration ambrée et la translucidité. »

« *Action de l'alcool.* — L'alcool anhydre pénètre aussi facile- « ment le caoutchouc surtout à une température de 78°; des tran- « ches minces, sèches, translucides, chauffées dans ce liquide à plu- « sieurs reprises durant 8 jours sont devenues opaques, leur lon- « gueur était augmentée de 46 millièmes, et leur volume de 94 « millièmes. Elles avaient acquis une augmentation d'adhésivité « notable même au sein de l'alcool. Leur poids s'était accru dans le « rapport de 100 à 118,6, et cependant elles avaient cédé à ce li- « quide 25/1000 d'une matière grasse, fusible, colorée en jaune « fauve. Les tranches, après l'évaporation de l'alcool, étaient deve- « venues plus transparentes et plus adhésives entre elles qu'avant « ce traitement. » Quant à la tenacité, elle s'est sensiblement affai- blie.

Pouvoir dialysateur. — La perméabilité de la gomme s'appli- que aussi bien à certains gaz sans influence dissolvante sur elle : ces gaz la traversent avec plus ou moins de facilité suivant l'état de dilatation où le caoutchouc se trouve et suivant la pression plus ou moins forte que subissent ces gaz. C'est ainsi que Th. Graham, dans une communication faite à l'Académie des sciences en 1866, explique qu'il vient de faire l'application du caoutchouc en lamelles minces pour séparer les gaz en les liquéfiant au passage : si, par exemple, on fait le vide soit dans un petit sachet de soie vernie rempli d'un tapis de feutre épais, soit dans un petit ballon rempli de sciure de bois (le feutre et la sciure sont destinés à soutenir la mince enveloppe de la soie caoutchoutée ou du ballon), la pellicule de caoutchouc laisse passer un mélange gazeux contenant 0,416 d'oxygène capable d'allumer le bois incandescent tandis que l'air ne renferme que 0,21 d'oxygène. La cloison de caoutchouc re- tient donc la moitié de l'azote et laisse passer l'autre moitié avec la totalité de l'oxygène. Cet air dialysé est donc, en somme, un gaz exactement intermédiaire entre l'air et l'oxygène pur en ce qui concerne le phénomène de la combustion.

Les observations de Graham sont confirmées d'ailleurs par les études de Peyron qui a constaté que l'air atmosphérique, l'hydro- gène, le protoxyde d'azote, l'acide carbonique, se laissent aisément dialyser à travers le caoutchouc naturel. Aronstein et Sirks ont également étudié cette propriété en ce qui concerne l'action de la gomme sur l'acide carbonique et le protoxyde d'azote.

Ces deux derniers ont rendu le caoutchouc impénétrable au gaz en le faisant digérer pendant 2 heures dans l'huile de lin ou dans un mélange d'asphalte dissous dans le goudron.

(1) L'eau ainsi absorbée ne s'éliminant plus que très lentement, l'on conçoit que ce soit là une cause fréquente de l'altération des caoutchoucs préparés par une sélection trop précipitée du latex.

Enfin Graham a observé que les différents gaz traversaient les pores du caoutchouc avec plus ou moins de rapidité ou, pour nous exprimer autrement, que plusieurs gaz étant en présence, leur volume passant à travers le caoutchouc était variable dans les mêmes unités de temps.

Pouvoir polarisateur. — Wiesner, qui s'est occupé de l'analyse de nombreuses variétés de caoutchouc, annonce que toutes les espèces examinées par lui, sans exception, laissaient passer la lumière en de magnifiques couleurs prismatiques entre les prismes de Nicol du microscope polarimétrique. Ce phénomène, très sensible avec du caoutchouc gras, était moins sensible lorsque l'examen portait sur des fragments parfaitement secs. Le phénomène de la polarisation ressort mieux et plus nettement si les feuillets sont fortements comprimés entre deux porte-objets.

Compressibilité. — Blossom, un des écrivains technologiques qui s'est le plus occupé du caoutchouc, affirme qu'un cube de cette matière de $0^m,88$ de côté soumis à un choc de 100 tonnes éprouve une diminution de volume de 10 %. Cette propriété du caoutchouc naturel a été peu étudiée par les écrivains spéciaux dont toute l'attention s'est portée à cet égard sur le caoutchouc vulcanisé et minéralisé. Nous y reviendrons donc avec plus de détails lorsque nous examinerons la compressibilité du caoutchouc vulcanisé.

Dilatabilité et contractilité. — Le caoutchouc est facilement dilatable par la chaleur et le froid le contracte d'autant. Ure, en expérimentant un caoutchouc traité par le froid jusqu'à ce qu'il eut perdu toute son élasticité, lui a trouvé une densité de 0,9487 ; ramené à la température de 35°, c'est-à-dire au moment où la matière avait repris son état élastique normal, sa densité était descendue à 0,9259. Sous un même volume la dilatation et la contraction avaient déterminé ces variations du poids spécifique.

Ici se présente une observation digne de remarque et dont d'ailleurs l'industrie des fils de caoutchouc a su tirer un grand parti : Si le caoutchouc naturel est porté à une température de 115°, puis exposé au froid, il perd, par cette transition, sa contractilité, tandis que toutes ses autres propriétés restent intactes.

M. A. Gérard a su mettre à profit cette propriété pour obtenir des fils d'une ténuité extrême. Ayant soumis à la température de 115° C des fils assez tendus pour que leur longueur fut sextuplée, cette extension devint permanente par un refroidissement subit et les fils se prêtèrent à une deuxième extension semblable. En répétant cette opération cinq fois de suite, la longueur primitive se trouva augmentée dans le rapport de 1 : 16625 ; le diamètre étant diminué en proportion de cet énorme allongement, les fils furent obtenus à un degré de finesse inconnue jusqu'alors. A la dilatabilité et la contractilité se trouvent intimement liées deux autres propriétés du caoutchouc :

Elasticité et extensibilité. — De tous les corps solides connus, c'est sans contredit le caoutchouc qui possède au plus haut degré l'élasticité, c'est-à-dire la propriété d'être peu susceptible à l'état

naturel et à la température ordinaire de garder, d'une manière permanente, les changements de forme que lui fait subir une action mécanique agissant sur lui. Une balle découpée dans un bloc de Para prima, tombant avec la seule vitesse que lui imprime son poids, rebondit sur le sol et remonte à une hauteur variant entre la moitié et le trois quart de la course parcourue dans sa chute. Du sommet où elle est parvenue, elle retombe pour remonter encore et elle continue ainsi à rebondir jusqu'à ce que les oscillations de plus en plus réduites par suite de l'usure de l'effort imprimé par la résistance des frottements sur le sol, elle s'arrête enfin.

Mais, outre son élasticité, le caoutchouc possède encore la propriété d'être extensible, c'est-à-dire de supporter un allongement qui, pour une bande de Para prima naturel, peut aller à 5 fois sa longueur primitive sans rompre, puis de reprendre très rapidement, s'il est abandonné à lui-même, ses dimensions primitives à moins qu'il n'intervienne une action nouvelle, comme par exemple une modification de température.

Gérard a observé que des fibres allongées de 6 fois leur 1re dimension, peuvent encore l'être d'autant si on les expose à 108° C. Cette extensibilité s'exerce d'ailleurs dans tous les sens avec la même facilité. On peut enlever temporairement au caoutchouc ses propriétés élastiques ; si, par exemple, après avoir tendu fortement une bande de cette substance on la refroidit rapidement, elle perd son élasticité et peut rester étendue indéfiniment sans la recouvrir. Pour obtenir cet effet, il suffit simplement de mouiller la bande tendue et d'en faire évaporer l'eau en l'agitant rapidement à l'air.

Le caoutchouc reprend bientôt son élasticité s'il est soumis à une température de + 22°. Mais s'il est privé de sa chaleur latente par le moyen de la compression, il peut être exposé même à + 26° et 27° pendant plusieurs semaines sans revenir à sa condition normale.

Lorsqu'on pince avec les doigts les portions successives d'un cordon de caoutchouc privé de son élasticité, une forte contraction s'opère en ces points exclusivement sans que les parties non atteintes modifient leur texture ; le cordon prend ainsi l'aspect d'une corde à nœuds et peut conserver cet état pendant un temps indéfini s'il n'est manipulé et s'il est maintenu à une température modérée. Les divers intervalles entre les renflements ne changent pas de caractères et montrent ainsi que la chaleur latente n'a aucune tendance à se diffuser ou à s'équilibrer dans la masse.

Si l'on enferme dans le creux de la main une bande de caoutchouc privé de son élasticité, on éprouve une légère sensation de froid qui provient de l'absorption rapide de la chaleur par la matière élastique.

La particularité que nous venons de constater est éminemment propre au caoutchouc natif et ne s'observe qu'à peine dans celui qui est préparé par l'une des méthodes suivantes : 1° Dissolution dans la térébenthine, suivie de dessiccation, 2° écrasage de la matière brute jusqu'à formation d'une masse pâteuse réduite ensuite en

feuilles minces entre des cylindres lamineurs chauffés. Le Para-caoutchouc, de préférence à tout autre, se prête merveilleusement à cette expérience.

En 1840, on a employé une autre méthode pour priver le caoutchouc de son élasticité. Dans la confection des tissus élastiques, il est momentanément indispensable que les fils aient perdu leur élasticité pour rendre possible toute transformation ultérieure. A cet effet, on les enroule sur un dévidoir qu'un ouvrier fait tourner rapidement, tandis qu'un autre ouvrier file le caoutchouc en le maintenant tendu de manière à lui donner, par l'étirage, 7 à 8 fois plus de longueur qu'il n'en avait auparavant. On laisse ensuite les fils à l'état de tension pendant 2 à 3 semaines et ils sont alors assez dépourvus d'élasticité pour pouvoir être travaillés sans pour cela reprendre leur première forme. Dans ce cas, toutefois, il suffit de les exposer à la chaleur, même de les frotter entre la paume de la main pour qu'ils recouvrent leur élasticité primitive.

L'extension brusque du caoutchouc donne lieu à un dégagement considérable de chaleur, et Brockedon affirme qu'il a pu élever la température de trente grammes d'eau de 2° cent. en quinze minutes en recueillant la chaleur produite par la tension brusque d'un fil de caoutchouc.

Pour terminer, disons encore que l'élasticité, qui peut être exaltée par une légère élévation de température, disparaît vers 3 à 4° au-dessus de $+0°$; au-dessous, le caoutchouc devient rigide comme du vieux cuir, mais non cassant : il est *gelé* et ne reprend sa qualité première que s'il est exposé à une température de $+40°$, ou s'il est sollicité alternativement par une force de compression et une force de traction.

Adhésivité. — A la température ordinaire, le caoutchouc naturel est mou et doué d'une certaine viscosité, à tel point que deux sections d'un même fragment de gomme juxta-posées et légèrement pressées adhèrent tellement l'une à l'autre et avec une telle tenacité qu'il semblerait qu'on ne se trouve en présence que d'un seul morceau compact. Cette propriété augmente encore avec l'élévation de température, tandis qu'elle est atténuée par le refroidissement, à tel point qu'au-dessous de 0°, les surfaces sectionnées ne se soudent plus entre elles. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet lorsque nous traiterons de l'action des réactifs sur le caoutchouc naturel, et principalement de l'un des corps halogènes, le soufre.

Ici se termine l'étude succincte des propriétés physiques du caoutchouc brut. Nous eussions pu nous étendre davantage sur ce sujet éminemment intéressant à plusieurs points de vue : mais, outre que le cadre que nous nous sommes tracés ne nous permet pas de trop longs détails, nous aurons encore à revenir à diverses reprises sur ces propriétés lorsque nous étudierons le caoutchouc vulcanisé. Nous eussions aussi pu consacrer un paragraphe spécial à la perméabilité de cette matière aux liquides et aux gaz, mais nous considérons cette propriété comme appartenant plus spécialement à la partie chimique dont nous allons nous occuper dans les pages suivantes.

Action des agents chimiques — Chaleur. — Soumis à l'action de la chaleur le caoutchouc pur, aussi bien que celui employé par l'industrie, devient de plus en plus souple et élastique ; mais vers 145° C son état se modifie, il devient visqueux et adhérant aux corps durs, il s'affaisse et perd son élasticité. Vers 170 à 180° il fond enfin en un liquide épais, très semblable à la mélasse et ne reprend alors qu'au bout d'un temps très long ses propriétés primitives, et encore n'est-ce que partiellement et en faibles proportions. Il est alors presque noir, gluant, visqueux, *il a tourné au gras*, selon l'expression vulgaire de l'industrie spéciale. Sous cet état, sa composition est néanmoins restée la même.

Au contact d'un corps en ignition, le caoutchouc ainsi modifié s'enflamme et brûle avec une flamme rouge très fuligineuse. Lorsqu'il est en blocs considérables, on peut assez facilement l'éteindre ; mais s'il est en petits fragments comme se présentent généralement les déchets de fabrique, la chaleur se propage rapidement, le tout entre en fusion et il devient presqu'impossible d'arrêter le feu.

Soumis à la distillation sèche, le caoutchouc donne naissance à divers produits : à l'origine il ne se dégage qu'un peu d'acide carbonique et d'oxyde de carbone accompagné de quelques autres produits peu abondants, dont il est presqu'impossible de déterminer exactement la nature et dans lesquels MM. Girard et Cloëz ont cru rencontrer de l'hydrogène sulfuré et de l'acide chlorhydrique. Dans la sorte que nous avons adoptée comme type pour notre étude, nous n'avons jamais pu constater la présence de ces corps. A ce moment, il faut élever sensiblement la température pour arriver à faire bouillir le caoutchouc qui disparaît alors peu à peu sans laisser de résidu sensible et en donnant naissance à divers hydrocarbures qui possèdent la singulière propriété de dissoudre avec grande facilité le caoutchouc sain, l'ambre, le copal, etc. Comme on en obtient une proportion considérable, on a proposé, il y a longtemps déjà, d'en utiliser les parties les plus volatiles pour le traitement du caoutchouc et la préparation de différents vernis (Barnard, 1833).

L'étude des hydrocarbures provenant de la distillation du caoutchouc a été faite par Grégory, Dalton, Himly, Williams, Bouchardat, et Gréville, W. Tilden, Carl-Otto, Weber, etc.

D'après Bouchardat les parties les plus volatiles de la distillation du caoutchouc recueillies dans un mélange réfrigérant se composent de *Butylène* C^4H^8, de *Caoutchène* et d'*Eupione*. Le caoutchène, isomérique avec le Butylène, bout à 14° C, sa densité est égale à 0,66, il se congèle à 10° en forme d'aiguilles.

Les parties les plus volatiles recueillies par Himly possèdent une densité de 0,654 et un point d'ébullition variant entre 33 et 44°. D'après Grégory, en traitant ces parties légères par de l'acide sulfurique concentré, elles se transforment en un isomère dont le point d'ébullition est de 220°.

Les travaux plus récents de Gréville-Williams ont montré qu'après plusieurs rectifications sur le sodium, on peut extraire de ces huiles légères un corps C^5H^8 auquel il donne le nom d'*Isoprène* (hémiterpène) bouillant de 37 à 38°, dont la densité = 0,6823 et la densité

de vapeur = 2,40. Ce même hydrocarbure se produit dans la distillation de la gutta-percha. Exposé à l'air, il absorbe l'oxygène et se transforme partiellement en un corps solide, blanc, amorphe.

Les parties moins volatiles renferment un hydrocarbure auquel Himely a donné le nom de *caoutchine* et qu'on obtient à l'état pur en traitant l'huile brute par l'acide sulfurique étendu de huit fois son poids d'eau. Après un lavage à l'eau et une distillation sur la potasse, on la sature d'acide chlorhydrique pour la dissoudre ensuite dans l'alcool ; en étendant cette solution avec de l'eau, on précipite une huile qui, séchée sur le chlorure de calcium et rectifiée plusieurs fois sur la Baryte, puis sur le sodium, présente les propriétés suivantes : Densité = 0,842. Densité de vapeur = 4,461. Elle est polymérique avec l'isoprène et doit être représentée par la formule $C^{10}H^{16}$; elle bout à 170° et n'est pas concrétée par un froid de — 30°, elle est insoluble dans l'eau et se dissout facilement dans l'alcool, l'éther, les huiles essentielles et les huiles grasses ; l'eau oxygénée la résinifie. Elle est attaquée par le chlore et le brome : la *chloro-caoutchine* est visqueuse : sa densité = 1,443 ; à la distillation elle se décompose et donne, si elle est distillée sur une base, un hydrocarbure renfermant plus de carbone que le caoutchène. Elle se combine directement avec l'acide chlorhydrique et l'acide bromhydrique : le chlorhydrate de caoutchine, isomère avec le camphre artificiel solide de l'essence de térébenthine, est une huile brunâtre d'une saveur nauséabonde. Densité = 0,950.

Elle est décomposée par la distillation et inattaquable par les alcalis étendus d'eau. L'acide sulfurique concentré transforme la caoutchine en une huile épaisse, ressemblant à l'hévéène ; il se produit en même temps une petite quantité d'un acide sulfoconjugué.

En traitant alternativement la caoutchine par le brome et le sodium, on lui enlève deux atomes d'hydrogène et on le transforme en *Cymène* $C^{10}H^{12}$ (G. W.)

Enfin les portions les plus lourdes de la distillation du caoutchouc renferment un hydrocarbure huileux, jaune d'ambre, d'une saveur âcre auquel Bouchardat a donné le nom d'*hévéène* et qui est isomérique avec l'éthylène. Densité = 0,921 à 21° ; il bout à 315 à 350°, ne se solidifie pas par le froid, est insoluble dans l'éther, l'alcool, les huiles grasses et essentielles. Il absorbe le chlore et prend alors une consistance cireuse ; l'acide sulfurique le résinifie et le transforme en une huile bouillant à 228°, inattaquable par les acides concentrés.

Bouchardat a conclu de la manière dont se comportent les différents produits de la distillation du caoutchouc et surtout de l'isoprène, que tous ces produits sont comme le caoutchouc lui-même, des polymères de l'isoprène.

Synthèse du caoutchouc. — Poussant plus avant ses études, Bouchardat obtint le caoutchouc artificiel ou synthétique en faisant réagir l'acide chlorhydrique sur l'isoprène. Une partie de ce corps mélangée avec 15 parties d'acide chlorhydrique saturé, ont été soumis dans un tube fermé à l'action d'un mélange réfrigérant. Dès qu'on agite le tube ainsi refroidi, il se produit une réaction violente

accompagnée d'un abondant dégagement de chaleur. La masse obtenue est abandonnée à elle-même pendant deux à trois semaines à la température de l'air ambiant, et on a soin d'agiter de temps en temps. Si alors on la soumet à la distillation après l'avoir préalablement étendue d'eau, on obtient, outre un chlorhydrate et un bichlorhydrate d'isoprène, un résidu solide qui, débarrassé des chlorures formés par un lavage prolongé à l'eau bouillante, présente la composition suivante :

Carbone.	87,1
Hydrogène.	11,7
Chlore	1,7

(Bouchardat ne considère la présence de ce dernier corps que comme accidentelle et due à un reste de chlorures dont il est difficile de débarrasser la masse). C'est donc un corps analogue au caoutchouc naturel, insoluble dans l'alcool et qui gonfle dans l'éther et le sulfure de carbone.

Soumis à la distillation sèche, cette nouvelle substance produit les mêmes hydrocarbures que le caoutchouc, et Bouchardat en conclut à la parfaite identité de son produit avec la gomme naturelle.

Dr W. A Tilden reprenant les travaux de Bouchardat, s'aperçut en 1884 que l'*isoprène* se trouvait tout aussi bien dans les parties les plus volatiles de la distillation de la térébenthine et de certaines huiles végétales, telles que colza, lin et le castoréum. L'isoprène ainsi obtenue, mise en présence d'un acide énergique comme l'acide chlorhydrique saturé, se convertit également en une masse entièrement solide, élastique ayant tous les caractères de la gomme naturelle.

Dans le cours de ses expériences de 1891, le savant anglais, après avoir séparé l'isoprène de ces diverses huiles végétales, en étudia attentivement les propriétés.

Chacune des espèces particulières fut enfermée dans un flacon et mise de côté dans le laboratoire, et au bout de quelque mois il put se convaincre que les matières enfermées dans les flacons s'étaient complètement modifiées d'aspect et de propriétés : le liquide, d'abord limpide et incolore, s'était converti en une masse sirupeuse dans laquelle flottaient des grumeaux assez volumineux solides, de couleur jaunâtre. Poussant plus avant son examen, il reconnut à ces grumeaux tous les caractères du caoutchouc et attribua cette transformation à la naissance par oxydation d'une petite quantité d'acide acétique ou formique ; ces acides auraient à leur tour provoqué la transformation du reste de la masse (probablement par fermentation).

Le liquide contenait d'ailleurs un peu d'isoprène non modifié : au papier réactif ordinaire il indiquait une légère acidité. Quant à la matière solide qui flottait à la surface, l'analyse démontra que c'était un produit ayant tous les éléments constitutifs du caoutchouc

naturel. Comme ce dernier, il se composait de deux substances, l'une beaucoup plus soluble que l'autre dans les véhicules : benzol et sulfure de carbone. La solution benzilique évaporée fournit un résidu ayant toutes les caractéristiques du résidu d'une solution benzilique de Para-caoutchouc prima évaporée dans les mêmes conditions que la première : même composition élémentaire, mêmes propriétés adhésives et élastiques.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance des travaux de Bouchardat et de Tilden : le caoutchouc synthétiquement produit est entré dans le domaine des faits. Reste la question industrielle, la production à un prix relativement peu élevé. Sous ce rapport nous ne doutons pas un instant de la sagacité de nos chercheurs : Bouchardat avait opéré sur un dérivé du caoutchouc lui-même, Tilden opéra sur les dérivés de la térébenthine et d'huiles végétales : on ira plus loin et rien ne nous surprendra si, dans un prochain avenir, le caoutchouc naturel aura à soutenir la concurrence avec le caoutchouc synthétique. Déjà nous avons eu entre nos mains certains échantillons manufacturés, ne laissant absolument rien à désirer sous le rapport de la qualité ; quant aux prix, c'est affaire de temps et de patience : le sujet vaut la peine d'être approfondi,car si artificiellement on n'obtient encore qu'un caoutchouc toujours uniforme, on l'obtient du moins net de toute impureté, ce qui n'est jamais le cas avec la gomme naturelle.

Action des dissolvants. — Si l'eau et l'alcool pénètrent le caoutchouc et le gonflent, ils ne le dissolvent ni à froid, ni à chaud. Certaines sortes abandonnent bien à l'eau une faible proportion de matières extractives : ce sont celles que Muspratt veut bien appeler matières aloétiques et qui proviennent presque toujours de certains sucs ajoutés au latex pour en hâter la coagulation. C'est ainsi que nous avons remarqué certains caoutchoucs bruts provenant du Pérou et qui, au travail à l'usine, indisposaient les ouvriers occupés à la première manipulation. Après les avoir fait bouillir, ces gommes presque noires sortirent de leur bain ambrées et inoffensives, tandis que l'eau, fortement colorée en brun, s'était changée en un purgatif assez violent. Mais le caoutchouc pur que nous étudions est absolument insoluble dans ce véhicule.

Il en est de même de l'alcool, et si parfois certaines gommes abandonnent à un traitement à l'alcool bouillant jusqu'à 2 °/₀ d'une substance ambrée grasse et fusible, c'est qu'elles ont subi l'action oxydante de l'air et de la lumière, altération dont nous parlerons lorsque nous traiterons de l'influence des agents atmosphériques sur le caoutchouc.

L'éther, le sulfure de carbone, les essences légères de houille, le pétrole, la térébenthine, les huiles grasses et les huiles essentielles, plusieurs mélanges de ces véhicules avec d'autres liquides et enfin, selon Kletzinski, même la naphtaline bouillante, s'insinuent rapidement comme l'eau et l'alcool dans les pores du caoutchouc, le gonflent énormément et semblent le dissoudre. Mais ce que, dans ce cas, on considère généralement comme une dissolution complète n'est en réalité que le résultat d'une interposition de la par

soute dans la portion très gonflée, celle-ci ayant conservé les formes primitives fortement amplifiées et étant alors facile à désagréger.

On peut ainsi, à l'aide d'une quantité suffisante de chaque dissolvant, séparer presque complètement ces deux parties, en renouvelant le liquide sans agiter et sans désagréger le résidu fortement gonflé, mais non dissous. Les proportions facilement dissoutes varient entre 3 et 7 °/₀ suivant la qualité des échantillons et la nature du dissolvant, mais les propriétés des deux parties restent distinctes après leur séparation et l'évaporation du liquide dissolvant.

La substance non dissoute est moins adhésive, mais plus tenace : elle retient la plus grande partie de la matière colorante brune des espèces commerciales. La substance soluble, surtout la première dissoute, est notablement plus adhésive, plus molle, moins élastique, moins tenace et moins colorée. L'éther anhydre extrait du caoutchouc translucide, de couleur ambrée, 66 °/₀ de substance soluble, incolore, et laisse 34 °/₀ de matière de nuance fauve.

L'essence de térébenthine anhydre et bien rectifiée sépare nettement des variétés commerciales de caoutchouc colorées en brun 49 °/₀ de matière soluble, de couleur ambrée, et 51 °/₀ de matière insoluble translucide, retenant la coloration brun foncé.

La solution éthérée du caoutchouc est précipitée par l'alcool et l'on obtient ainsi une émulsion laiteuse analogue au suc naturel du latex.

Les huiles de houille lourdes dissolvent 5 °/₀ de leur poids de caoutchouc, tandis que les légères en dissolvent jusqu'à 30 °/₀.

Le meilleur dissolvant, d'après Gérard, est un mélange de 100 parties de sulfure de carbone et de 5 1/2 °/₀ d'alcool absolu ; d'après ce fabricant, on obtient avec un pareil mélange, une solution claire comme de l'eau et qui, par évaporation, abandonne le caoutchouc sous la forme d'une pellicule extrêmement mince et pure.

Le même industriel, s'occupant spécialement de l'étirage du caoutchouc en fils cylindriques, en prépare la pâte en employant le sulfure de carbone mélangé à 5 °/₀ d'alcool ordinaire. Cet alcool contenant 15 °/₀ d'eau, s'oppose à la dissolution et l'on réunit ainsi les conditions d'un gonflement de la gomme favorable au malaxage et qui facilite le passage à la filière sans opérer une véritable dissolution qui diminuerait beaucoup la ténacité.

En général, les solutions de caoutchouc donnent, par évaporation, un résidu poisseux, gluant : plus l'évaporation est lente, plus ces caractères se manifestent ; aussi, dans l'industrie, n'a-t-on recours qu'aux dissolvants les plus volatils.

Comme nous venons de le voir, la dissolution dans ces véhicules n'est que partielle. Le caoutchouc est, en effet, formé de deux substances isomériques dont l'une, solide et élastique, résiste à presque tous les agents ; tandis que l'autre, demi liquide et poisseuse, est beaucoup plus facilement attaquée et dissoute. C'est à cette seconde matière que la gomme doit la propriété de se souder à elle-même lorsqu'on soumet à une forte compression ses surfaces

récemment coupées. On donne à la première matière le nom *nerveuse* et à la seconde le nom d'*adhésive*. Si, par une dissolution appropriée, on sépare ces deux principes immédiats isomères, aucun d'eux ne garde les propriétés élastiques et extensibles au même degré ; il semblerait, dit Payen, que l'adhérence entre les filaments lubrifiés par une matière grasse et assouplie par la portion soluble et molle ait été partiellement détruite. Si l'on tient immergé dans un grand excès de dissolvant le caoutchouc découpé sous forme de prismes rectangulaires, on le voit se gonfler graduellement de la superficie au centre et l'on peut déterminer *l'augmentation de volume* sur la partie non dissoute, lorsque le gonflement est arrivé à son terme : les dimensions des côtés sont triplées sensiblement dans la benzine, dans l'éther anhydre, dans l'essence de térébenthine, ainsi que dans un mélange de sulfure de carbone (100 sulfure de carbone avec 4 d'éther hydraté) ; le volume total était alors égal à 27 fois le volume primitif, bien que cette augmentation ne portât que sur la partie non dissoute, l'autre partie s'étant disséminée dans le liquide.

Un mélange de six volumes d'éther avec un volume d'alcool gonfle le caoutchouc au point de quadrupler son volume et ne dissout sensiblement que la partie moins nerveuse, mais plus adhésive.

On a observé une augmentation de volume de 30 fois à froid dans l'huile de pétrole rectifiée, mais sans tenir compte de la partie dissoute.

Si on observe au microcospe avec un grossissement de 300 la portion du caoutchouc qui résiste le plus aux dissolvants, elle offre une texture réticulée, dont les filaments anastomosés s'étendent et se gonflent en absorbant les liquides précités et se rétrécissent à mesure que l'opération s'effectue.

Parkes signale comme un excellent dissolvant de la gomme élastique le liquide qu'on obtient en faisant passer un courant d'acide sulfureux gazeux sur le camphre.

Le carbure liquide obtenu par la distillation du caoutchouc est également un dissolvant énergique. Mais son prix de revient, de même que pour le précédent dissolvant, est tel qu'il ne faut pas songer à en tirer parti dans l'industrie. Heeren a cherché à déterminer le pouvoir dissolvant du benzol sur les douze principales sortes commerciales de caoutchouc naturel. Les échantillons malaxés d'une manière continue par des cylindres chauds furent ensuite découpés en lanières assez ténues pour être placées dans de petits madras ; il les arrosa alors d'une quantité de benzol suffisante pour les humecter entièrement. Après un temps suffisant de digestion, il ajouta graduellement assez de benzol pour que, par l'intervention d'une agitation fréquemment renouvelée, tous les échantillons se convertissent en une masse de consistance sirupeuse et qu'ainsi il arrivât à une liquéfaction égale pour tous les types à essayer ; une petite quantité de la matière ainsi liquéfiée fut prélevée de chaque échantillon, pesée sur des verres à montre tarés, et finalement évaporée à l'étuve jusqu'à complète disparition du benzol.

Les résidus finalement obtenus lui donnèrent les résultats suivants :

Nature de caoutchouc commercial	Pourcentage de la dissolution	C'est-à-dire 100 parties benzol ont dissous
Gayaquil	20,0	25,0
Para	17,0	20,0
Carthagène	16,1	18,0
Bornéo	13,8	15,0
Afrique	12,7	14,5
Céara	12,0	13,6
Mozambique	11,5	13,0
Quisambo	9,1	10,0
Rangoon	9,0	9,8
Knikels	8,6	9,4
Niggers	7,8	8,5
Madagascar	5,8	6

Du travail de Heeren il y a une conclusion très curieuse à tirer : Les chiffres donnés dans le tableau ci-contre accusent une solubilité très marquée pour le Para-caoutchouc, tandis que le Madagascar-caoutchouc n'indique qu'une solubilité relative, excessivement faible. Et cependant l'une et l'autre gomme sont des *espèces préférées et recherchées* par le commerce et l'industrie, chacune pour ses applications spéciales. Qu'en conclure, sinon que ces deux gommes ne sont pas estimées pour les mêmes raisons et ne sont pas utilisées par l'industrie pour les mêmes usages, l'une contenant plus de matière nerveuse et l'autre plus de matière molle et adhésive.

Nous finirons cette courte étude sur la solubilité de la gomme dans les dissolvants par une observation générale applicable à toutes les variétés de caoutchouc et à tous les dissolvants : l'un et l'autre, pour aider à la dissolution, doivent être exempts d'eau dans la limite du possible ; si l'on ne veut obtenir qu'un ramollissement sans dissolution, l'emploi des matières hydratées est préférable.

Action des agents atmosphériques. — Les agents atmosphériques exercent une action très marquée sur le caoutchouc naturel. Nous avons déjà vu que l'air et la lumière altéraient la couleur du caoutchouc, et que, plus longtemps une gomme est exposée à l'influence de ces agents, plus la coloration s'accentue. A cette occasion, nous avons fait remarquer que ce n'était pas seulement la coloration qui était changée, mais que les principes immédiats, constitutifs de la matière, étaient également modifiés. *Miller* a publié à ce sujet des expériences bien intéressantes : il a épuisé par la benzine une étoffe imperméabilisée par le caoutchouc et qui, en cet état, était restée pendant six années au contact direct de l'air. La benzine n'a opéré qu'une dissolution partielle, et le produit dissous, abandonné par l'évaporation de son dissolvant, s'est présenté avec des caractères tout nouveaux : il ressemblait à de la gomme-laque, se dissolvait dans le méthylène, l'alcool, le chloroforme, la benzine et les solutions

alcalines, mais était insoluble dans l'essence de térébent sulfure de carbone et l'éther ; à la distillation il fournit de qui prouve que le produit renferme de l'oxygène. L'auteur pour sa composition

$$C = 64.$$
$$H = 8,46.$$
$$O = 27,54.$$

D'après Miller, cette altération, qui est beaucoup plus rapi le caoutchouc normal que pour le caoutchouc naturel, se m surtout lorsqu'il est alternativement exposé à l'air, au à l'humidité. Payen, de son côté, a constaté qu'en cet état, la prend une certaine odeur piquante et qu'elle devient en temps molle et moins résistante.

Selon Warren de la Rue et Abel, la vulcanisation est un à cette transformation ou plutôt cette altération.

L'action de la lumière sur le caoutchouc naturel est trè lière et a été mise à profit par l'industrie. Si on expose quelques heures une plaque de caoutchouc à la lumière sol surfaces éclairées, reportées et pressées snr une pierre li phique, communiquent à celle-ci la propriété de s'assimiler grasse, ce qui n'arrive pas pour les parties restées dans l D'un autre côté, si l'on étend sur du papier une couche de cao dissous dans du benzol et si, après évaporation du dissolv éclaire cette feuille sous un négatif, on peut alors la reporter pierre lithographique et en faire des reproductions très dé Cette propriété est précieuse pour l'héliolithographie. L'ac l'air à l'abri de la lumière semble être moins énergique, pendant un temps plus ou moins prolongé.

Ajoutons que si l'action de la chaleur se trouve combin celle de la lumière et de l'oxygène atmosphérique, l'altération sensible et la présence de la lumière n'est même pas indispe

Chapel a examiné un échantillon d'Accra, caoutchouc déco Alors que la substance paraissait à l'œil nu sous forme d'u tière gluante, l'observation microscopique lui a révélé que composition n'était que partielle : la substance molle s'était attaquer, mais la partie nerveuse avait résisté plus énergique l'altération.

Pour déterminer les conditions dans lesquelles se produis altérations du caoutchouc, L. Clarck a essayé comparativen Para prima naturel et du Para normal laminé. Voici les r consignés dans le *Moniteur scientifique de Quesneville*, mars

« *Para Prima naturel.* — Chaque expérience nécessita 3
« (1 once) de caoutchouc : il avait la forme d'un ruban é
« avait été étiré à chaud, puis refroidi subitement. Sa coule
« d'un brun très pâle. Les divers échantillons furent soumis
« périence à la fin d'octobre 1859 et examinés 9 mois ap
« 4 août 1860.

l. — Placé dans un filet et exposé en plein air, au soleil et à ie, était devenu noir et avait pourri, mais il n'était ni vis-, ni pulvérulent. Son poids avait augmenté de 2 gr, 23 °/₀.

. — Fut exposé à l'air et à la lumière, mais conservé à l'état ıns un flacon renversé sur son goulot ; il avait augmenté en de 2,8 °/₀ par suite de l'absorption de l'oxygène et était de-brun, mou et visqueux, surtout dans les parties les plus ex-à la lumière. Il céda à l'alcool 11,81 °/₀ d'une résine oxydée, et visqueuse.

3. — Avait été exposé à la lumière diffuse dans un flacon et rempli d'eau douce ; il était devenu blanc et opaque par e l'absorption de l'eau et avait augmenté de 17 °/₀ en poids ; l n'avait éprouvé aucune altération dans ses propriétés chi-s ; séché, il reprit ses caractères originels.

. — Exposé à la lumière diffuse, dans un flacon ouvert et d'eau de mer, avait absorbé 3,6 °/₀ de son poids d'eau. Il ort peu changé en apparence et n'avait subi aucune altéra-ıus le rapport de sa composition chimique.

ille de Para laminée. — On fit simultanément une série sem-d'expériences sur une feuille de caoutchouc laminée.

. — Exposé au soleil et à la pluie, s'était ramassé en une poisseuse qui avait perdu sa ténacité et son élasticité.

. — Exposé dans un flacon renversé, à l'air et à la lu-diffuse, avait augmenté en poids de 0,52 soit 1,6 °/₀. Il t une petite masse visqueuse et avait perdu son élasticité, t dans les parties les plus exposées à l'action de la lumière. par l'alcool, il céda à ce dissolvant 12,64 °/° de son poids natière résineuse.

. — Les altérations présentèrent un contraste marqué avec cédentes observées dans le n° 3 de la 1re série et qui avaient dées dans un flacon en verre tenu dans l'obscurité pendant ıe temps mais ouvert à l'air libre. L'échantillon n'avait nté cette fois que de 0,6 °/₀. Il ne présenta aucun signe ıtion sous le rapport de la ténacité et de l'élasticité et ne l'alcool que 2 °/₀ de résine.

. — Il se composait d'une feuille de la même sorte de ıouc que l'on avait fait tremper dans l'eau douce en plein la lumière diffuse. Il avait augmenté en poids de 87 °/₀ par ption de l'eau, c'est-à-dire que son poids avait presque . Il était devenu blanc opaque, poisseux et gluant au tou-t laissait échapper par la pression l'eau dont il était im-xposé à l'air il perdit vite le poids qu'il avait acquis.

. — Semblable au précédent, mais plongé dans l'eau de était légèrement gluant et opaque mais n'avait augmenté ls que de 5 °/₀ par l'absorption du liquide. Un second llon, placé dans un flacon rempli d'eau de mer, exhalait eur d'hydrogène sulfuré et avait gagné en poids 5,6 °/° par ption. Il n'avait rien perdu ni de son élasticité ni de sa é. »

Nous n'avons pas hésité à donner dans toute leur teneur les expériences de L. Clark, elles rentrent entièrement dans le cadre que nous nous sommes tracé. Elles semblent démontrer irréfutablement que si l'air et la lumière combinés exercent une action funeste sur la gomme, cette action est plus considérable sur la gomme ayant subi une transformation mécanique et que la gomme naturelle est plus résistante. Elles font voir, en outre, que l'immersion dans l'eau et principalement dans l'eau de mer est une cause de préservation contre pareille altération ; c'est à la pratique et à l'industrie de savoir tirer parti de ces remarquables propriétés.

Action des réactifs. — *Acides.* — Le caoutchouc a la propriété caractéristique d'être peu sensible à l'action des acides dilués, ainsi que des corps alcalins caustiques.

L'acide chlorhydrique concentré, tant à l'état liquide qu'à l'état gazeux, l'attaque peu à peu et lui fait subir une transformation peu étudiée.

L'acide nitrique concentré l'attaque faiblement à froid, énergiquement à chaud, le colore d'abord en jaune pour le transformer ultérieurement en un corps d'apparence grasse avec dégagement d'azote, et finalement en acide carbonique et en acide oxalique. En prolongeant l'ébullition, la matière d'apparence grasse se transforme en acide comphorésinique. Les vapeurs nitreuses agissent très violemment et le décomposent avec rapidité.

L'acide sulfurique concentré agit sur lui comme sur le liège et en charbonne la surface, même à froid. A chaud la décomposition est très rapide avec dégagement d'acide sulfureux et d'acide carbonique.

Un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique l'attaque très vivement.

L'acide fluorhydrique, comme les acides organiques, est sans action sur la gomme.

Corps halogènes. — Le chlore gazeux exerce une action très énergique sur le caoutchouc, le prive de son élasticité et finit par le rendre dur et cassant. Hurtzig s'est servi de cette propriété pour tenter quelques essais de vulcanisation par le chlore.

L'iode et le brome, dont nous avons déjà parlé lors de l'examen chimique du latex, exercent sur le caoutchouc une action analogue à celle du soufre. Nous avons donné les raisons pour lesquelles ces corps agissent plus énergiquement que ce dernier : nous n'insisterons d'ailleurs pas en ce moment sur ce sujet qui sera traité plus explicitement dans le chapitre spécial de la vulcanisation.

Il en est de même du soufre. Son action ainsi que celle des sulfures alcalins, alcalino-terreux, des sulfures métalliques et du chlorure de soufre ont une importance pratique toute spéciale. Si d'une manière ou d'une autre on mélange le caoutchouc avec ces corps et qu'on fait alors intervenir la chaleur, pendant un temps plus ou moins long, le soufre est absorbé en proportions plus ou moins considérables. Suivant la quantité de soufre absorbé et suivant la somme de

ue intervenu, il s'opère une transformation du caoutchouc en
atière plus ou moins dure et élastique qui prend successi-
t les noms de *caoutchouc vulcanisé, de caoutchouc durci,*
, etc. Comme nous venons de le dire en parlant de l'iode et
me, ces transformations d'une haute portée industrielle, feront
d'un chapitre spécial.

s alcalins. — Les solutions alcalines, même à l'état causti-
attaquent que faiblement le caoutchouc à froid. Il n'en est pas
fait de même si l'on chauffe le mélange après une diges-
éalable plus ou moins prolongée. Dans ce cas, la matière
it, devient gluante et s'y dissout en petites proportions
Muspratt ; Ure, au contraire, prétend que la potasse caus-
nême en solution très concentrée et à l'ébullition, laisse la
intacte.

ne partageons pas ce dernier avis et notre propre expé-
nous a appris que si dans un tube fermé le caoutchouc est
présence de dix fois son volume d'ammoniaque liquide à
npérature de 100° pendant 48 heures, le mélange se trans-
n une sorte d'émulsion savonneuse ayant presque tous les
res du latex. Cette solution abandonne par l'évaporation le
ouc presqu'à l'état de pureté chimique, mais il conserve une
réaction alcaline dont il est difficile de le débarrasser en-
nt.

e termine l'étude sommaire des propriétés physiques et chi-
du caoutchouc naturel ; suivant l'ordre logique ce serait
nent de traiter des transformations chimiques subies par
utchouc sous l'influence du soufre et des composés, du
du brome et de l'iode.

, pour la plus complète intelligence de notre sujet, il est
nsable avant d'aborder cette étude de connaître les trans-
ions mécaniques subies par la gomme naturelle avant que
triel puisse lui attribuer un emploi spécial : nous croyons,
mot, qu'avant d'aborder la vulcanisation du caoutchouc, il
cessaire de parler des diverses opérations qui constituent
tion du caoutchouc brut et la préparation du caoutchouc
.

CHAPITRE VI

TRANSFORMATION MÉCANIQUE DU CAOUTCHOUC NATUREL EN CAOUTCHOUC LAVÉ OU NORMAL (ÉPURATION) : RAMOLLISSAGE, DÉCOUPAGE, DÉCHIQUETAGE (LAVAGE), SÉCHAGE.

Observations préliminaires.

Dans les pages qui précèdent nous nous sommes uniquement occupés de la matière première telle qu'elle arrive sur les marchés internationaux pour être ensuite répartie entre les diverses industries appelées à la transformer en produits manufacturés.

Mais, les hauts prix qu'atteignaient les matières dès le début de cette industrie joints à l'ignorance, l'apathie et la cupidité des récolteurs ont bien vite provoqué la fraude et, selon la définition humoristique de Rousseau, on peut dire que « *la fabrication du caoutchouc est l'art d'y incorporer les substances à « bon marché » sans trop diminuer ses qualités propres.* » Pour être juste Rousseau aurait dû ajouter *et pour les bonifier dans certains cas ;* car il est incontestable que l'addition du soufre ou ses composés, loin d'être nuisible, ne peut que donner de la valeur à cette matière. Si le commerce nous fournissait la matière dans un état de pureté convenable, l'usinier pourrait la mettre directement en œuvre dès son arrivée des lieux de production. Il est bien rare qu'il en soit ainsi et sauf quelques belles sortes de Para-caoutchouc prima, la gomme renferme toujours une quantité plus ou moins importante de corps étrangers, eau, sels, terre, sable, débris végétaux introduits dans la marchandise soit pendant la récolte du latex, soit pendant la coagulation et même pendant l'emballage et le transport. Le Para-caoutchouc prima n'est pas toujours lui-même exempt de ces additions, qu'elles soient frauduleuses ou non, et, sauf quelques lots en bouteilles, il est indispensable de soumettre le caoutchouc commercial brut à une série d'opérations préliminaires destinées à le purifier et à le débarrasser des corps étrangers qu'il renferme. Ces opérations constituent l'épuration, vulgairement appelée la régénération du caoutchouc.

Nous reconnaissons avec M. Maigne, qu'il est fâcheux que l'industrie soit obligée d'y avoir recours. Et en effet, outre la dépense considérable qu'elle occasionne, puisque le procédé simple par excellence n'a pas encore été trouvé, ce travail préparatoire altère plus ou moins la qualité de la matière et diminue sa résistance, en un mot *elle l'énerve.* En tout cas, il est absolument indispensable

de recourir à cette épuration, surtout lorsque le caoutchouc est appelé à être employé en dissolution.

L'histoire des procédés d'épuration n'est pas longue : aux procédés manuels usités à la première heure, on a substitué rapidement les procédés mécaniques. Ces derniers produisent une épuration plus complète mais les sollicitations mécaniques en tout sens subies par la gomme sont loin d'en améliorer les qualités plastiques et élastiques. En tout état de cause, les opérations de l'épuration telle qu'elle s'effectue de nos jours sont au nombre de quatre :

1° Le ramollissage ou lavage superficiel ;
2° Le découpage ;
3° Le déchiquetage ou lavage proprement dit ;
4° Le séchage.

Avant d'aborder très brièvement ces quatre opérations préliminaires du travail industriel proprement dit, il n'est pas hors de propos de mentionner ce qui doit être un enmagasinage bien entendu des matières premières dans l'industrie qui nous occupe. Généralement l'usinier n'est pas appelé à consommer d'un seul coup toutes les provisions qu'il a reçues des ports de débarquement ; il achète bien selon ses besoins prévus, mais comme les prix sont sujets à la hausse ou à la baisse, il fait ses opérations commerciales à l'heure qu'il croit la plus propice, la plus favorable à ses intérêts aussi bien qu'à ceux de ses clients. Il s'agit donc d'emmagasiner ces provisions, et le choix du local convenable n'est pas indifférent à la conservation d'une matière aussi sujette aux altérations que le caoutchouc.

Le magasin le mieux approprié est donc une cave peu éclairée, bien aérée et disposée de manière à ce que les divers lots ne se trouvent pas accumulés les uns sur et contre les autres, mais largement séparés par des cloisons soit en maçonnerie, soit en bois. Si un seul et même lot est trop important, il ne convient pas d'entasser le tout en une hauteur trop considérable : deux mètres cubes de pains ou de boules sont la limite extrême à laquelle nous estimons qu'un industriel devrait s'astreindre pour remiser ses stocks de caoutchouc, avec une séparation constante d'au moins 0m,25 entre les lots. Le sol du magasin lui-même doit être autant que possible, en ciment ou en bitume. Ces précautions sont indispensables ; elles dérivent de la nature même de la matière dont nous nous occupons et nous croyons nos industriels modernes trop intelligents pour avoir à leur expliquer les raisons de ces prescriptions. Ceux qui ne les comprendraient pas sont certainement ceux à qui la lecture de notre travail paraîtrait oiseuse.

1° Ramollissage ou lavage superficiel.

Au sortir du magasin la gomme est soumise au ramollissage. A ce moment, elle est trop ferme et trop dure pour être travaillée et aux températures ordinaires de nos climats il est indispensable de

la ramollir, quelle que soit d'ailleurs la forme du bloc. C'est l'opération la plus simple de toutes : elle consiste à immerger la matière dans une eau chauffée par un jet de vapeur et de la maintenir dans ce bain pendant un laps de temps variant entre 12 et 24 heures. Une cuve en bois est le meilleur récipient pour cette opération.

Ajoutons que pour certaines espèces il n'est pas inutile d'additionner l'eau d'un peu de soude caustifiée. Quant à l'emploi de l'eau acidulée, nous n'en sommes nullement partisans.

2° Découpage.

Quand la gomme est suffisamment molle, on procède au débitage des gros blocs : on les découpe grossièrement en menus fragments du volume de 3 à 5 centimètres cubes. Il est bien entendu que certaines sortes parvenant à l'usine sous des volumes infimes n'ont pas besoin d'être découpées : elles passent directement de la cuve d'amollissage au laveur.

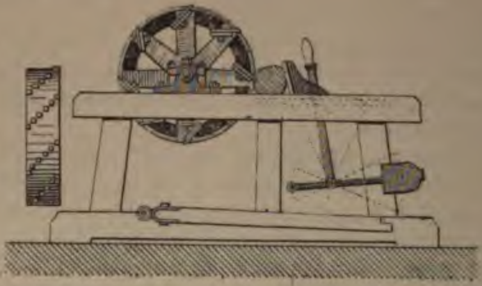


Fig. 23. — Machine à raboter la gomme brute.

Le découpage se pratique d'ailleurs, soit à la main à l'aide d'un grand couteau à lame longue et effilée, soit mécaniquement à l'aide d'un rabot circulaire tel que le décrit Heinzerling. Ce rabot se compose d'une roue en fer, de 30 centimètres de diamètre et de 20 centimètres de large, munie de plusieurs lames tranchantes placées obliquement, en dépassant la périphérie de quelques $^{m}/_{m}$. et fonctionnant comme le montre la figure.

La roue est actionnée par une transmission : on place le pain de caoutchouc entre la roue et la palette correspondant à un levier articulé, rattaché à une pédale. Quand l'ouvrier porte le pied sur la pédale et appuie du poids de son corps, la tige inférieure s'abaisse et le levier, au moyen de la palette, pousse la gomme sur la roue ; pour arrêter, on ramène en arrière le levier au moyen de la poignée et l'ouvrier quitte la pédale ; celle-ci est munie d'un contrepoids qui facilite ce mouvement. La roue armée de lames tourne avec une grande vitesse.

En France, on se sert de différentes machines basées sur l'action mécanique d'une scie circulaire non dentée et très tranchante : cette lame de scie baigne dans une augette remplie d'eau : elle se trouve continuellement humide et froide et l'on évite ainsi l'adhérence et l'échauffement qui pourraient se produire.

3° Déchiquetage ou lavage.

Cette opération est la partie essentielle des transformations mécaniques subies par la gomme pour son épuration ou régénération. Elle consiste à soumettre la matière ramollie et découpée ou non à l'action de machines très puissantes, capables de la débarrasser des corps étrangers emprisonnés dans sa masse et qui seraient préjudiciables à tout travail ultérieur.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire ce qu'en terme de fabrique on appelle *l'ancien procédé*, celui de *la pile*, aujourd'hui condamné et délaissé par les usines de quelqu'importance ; nous ne décrirons pas non plus le procédé allemand, dit de la machine *à raboter* et du *hollaender* également négligés. Nous abordons de suite le procédé *anglais* généralement adopté avec emploi du *déchiqueteur ou écraseur*. Cet appareil se compose de deux cylindres massifs en fonte durcie, placés horizontalement l'un à côté de l'autre, tournant en sens inverse et avec une vitesse différentielle. Tantôt la table des cylindres est cannelée, c'est-à-dire couverte de rainures en spirale, tantôt elle est unie ; la disposition d'ensemble reste la même.

Les usines anglaises et américaines emploient de préférence les cylindres cannelés : les cannelures en Amérique se font spécialement en spirales ; en Angleterre elles s'entrecroisent plutôt en forme de losanges.

Les aspérités des cylindres facilitent ainsi le déchiquetage : elles pénètrent dans la gomme et broyent tous les corps étrangers qu'elle peut contenir.

On voit par la figure que les deux cylindres reposent sur deux forts bâtis en fonte, par l'intermédiaire de coussinets logés dans des évidements. Les deux coussinets du cylindre de derrière sont buttés contre le bâti, les deux coussinets du cylindre de devant viennent s'appuyer sur deux vis de serrage. Le mouvement de rotation est transmis aux cylindres au moyen d'engrenages qui sont figurés sur le dessin ; les deux cylindres tournent en sens inverse et dans l'appareil dont nous donnons le dessin ci-dessous (fig.23), le mouvement est obtenu par un arbre intermédiaire. On construit d'autres laveurs dans lesquels le mouvement de rotation est transmis directement d'un cylindre à l'autre.

En agissant sur les vis de serrage, on peut rapprocher les deux cylindres en contact ; pour obtenir le mouvement inverse, il suffit de desserrer la vis ; le caoutchouc introduit dans l'appareil en mouvement, détermine, par le seul effet de la poussée qu'il exerce, le recul du cylindre.

En dessous des cylindres se trouve un bac recepteur en tôle, r
couvert d'une plaque perforée. Un tuyau déverse l'eau entre l
deux cylindres et les eaux de lavage s'écoulent par un autre tuy
placé en dessous du bac.

Pour procéder au lavage ou déchiquetage, on introduit à la ma
entre les deux cylindres en mouvement une très petite quantité
caoutchouc, soit 1 à 2 kg au plus, suivant la force de la machine,
on ouvre le robinet d'arrivée de l'eau. Les cylindres, tournant
contact l'un avec l'autre, la matière est entraînée dans le mouv
ment général, écrasée et transformée en une feuille mince que l'

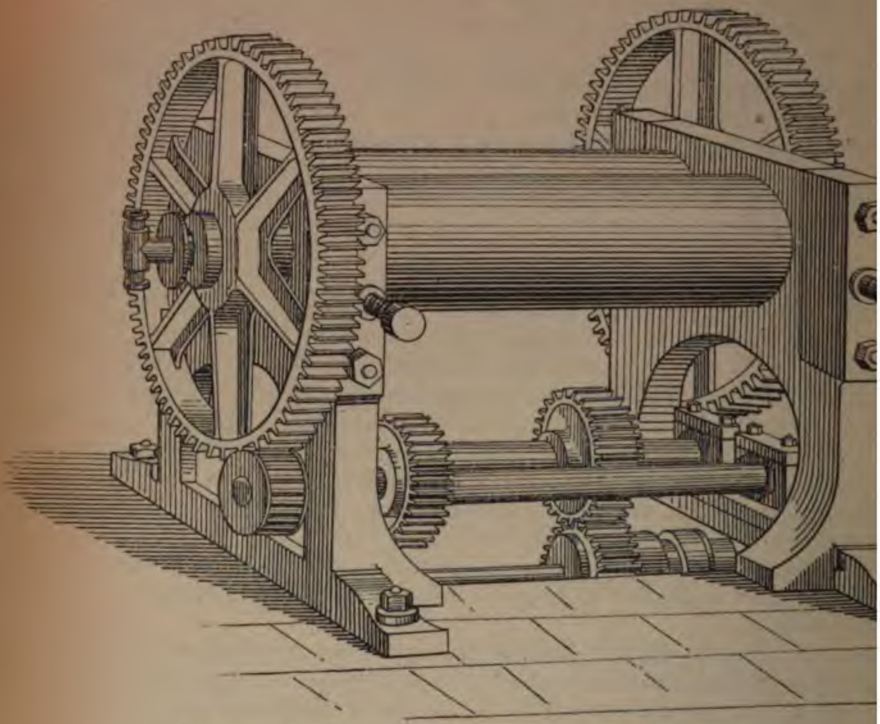


Fig. 24. — Laveur ou déchiqueteur, système J. Leblanc et Cie.

fait passer un certain nombre de fois dans l'appareil. Si l'on intro
duisait à la fois une trop grande quantité de caoutchouc découpé, o
risquerait de briser les cylindres. Pendant ce travail, la matière e
écrasée, déchirée et étirée, l'eau de lavage s'introduit dans tous le
interstices, déloge les parties terreuses et entraîne les corps étranger
broyés. Le produit résultant de ce traitement est une dentelle do
la surface est rugueuse et parsemée d'une infinité d'aspérités séparée
par des cavités qui lui donnent un aspect caractéristique.

Les laveurs ont des dimensions très variables. Le plus souver
la table des cylindres a 0m,60 à 0m,65 de longueur et 0m,40, à 0m,45 d

diamètre ; dans ce cas, la vitesse de rotation est de 8 à 12 tours pour l'un, et de 3 à 4 tours pour l'autre.

Dans certaines usines les cylindres de ces déchiqueteuses, au lieu d'être pleins, sont creux et disposés de manière à pouvoir recevoir à l'occasion un courant de vapeur. Ils servent alors à deux fins, comme nous le verrons ultérieurement.

Tous les caoutchoucs ne se lavent pas avec la même facilité : le Para est celui qui se lave le mieux et le plus rapidement, ce qui s'explique d'ailleurs, puisqu'il renferme peu d'impuretés. Les caoutchoucs dits *gras* et *poisseux* abandonnent difficilement les matières étrangères, et souvent on est obligé de renoncer à éliminer les impuretés qui restent collées dans la masse. Les caoutchoucs de nature très sèche ne se prennent pas toujours non plus en dentelles, les fragments ne s'agglomèrent pas entre eux et dans certains cas, ils sortent du lavoir à l'état de *poudrette*.

Quand le lavage est effectué convenablement, la dentelle ou feuille déchiquetée ne renferme plus aucun corps étranger à l'exception de l'eau. Pour se débarrasser de ce dernier élément, il suffit de procéder au séchage, qui est la dernière opération du travail dit du lavage.

4° Séchage.

Le séchage du caoutchouc lavé s'effectue en étendant les peaux sur des fils de fer tendus, soit dans des séchoirs à air libre, soit dans des étuves susceptibles d'être chauffées jusqu'à 50 à 60° maximum. Cette opération, fort simple d'ailleurs, n'implique aucune observation importante. Nous ferons toutefois remarquer que les variétés de caoutchoucs dits gras ou poisseux exigent une température basse pour leur dessiccation ; les sécher trop chaud serait accentuer davantage leurs défauts naturels : les peaux se déchireraient, tomberaient sur le sol et s'agglomèreraient en paquets d'où l'eau ne pourrait plus s'évaporer que longuement et difficilement.

Pour les caoutchoucs peu adhésifs qui sortent de la déchiqueteuse en petits fragments ou en poudrette, la dessiccation se fait sur châssis.

Il n'est pas indifférent que le séchoir soit plus ou moins bien aéré et plus ou moins bien éclairé. Une bonne aération bien entendue accélère singulièrement l'opération qui, en été, est terminée au bout de peu de jours ; en hiver l'opération est naturellement plus longue et la dessiccation à la vapeur, pourvu qu'elle soit faite avec grand soin, vient aider le travail. Pour ce qui est de l'éclairage, nous avons déjà fait ressortir l'inconvénient qu'il y a à laisser le caoutchouc exposé à cet agent atmosphérique : plus le séchoir sera obscur, mieux cela vaudra.

Quand, après dessiccation, la gomme a été relevée, on en forme des paquets en la ployant comme de l'étoffe ou bien encore en

l'enroulant sur elle-même. Ainsi rangée, la matière est remisé une pièce du magasin spécialement affectée à cet usage, à l'a l'humidité et de la lumière, pour n'en plus sortir qu'au fur et sure des besoins de l'industrie.

Le caoutchouc lavé et séché a perdu une partie d poids. La différence entre le poids brut et le poids net à l'ét constitue la *perte au lavage*. C'est un facteur qui varie da très grandes proportions et peut atteindre pour les sortes inféri jusqu'à 60 % de leur poids initial ; les bonnes sortes perdent ralement de 15 à 20 %. Le tableau suivant indique les pertes quelques gommes ; ces chiffres n'ont rien d'absolu et il n'es rare de rencontrer deux lots du même caoutchouc, vendus c étant de même qualité, et qui donnent des pertes qui s'écarte 10 et 15 % des moyennes indiquées.

Para	10 à	16 %
Sernamby	15	35
Mozambique (fuseaux)	15	25
" " (boules rosées)	15	25
Colombie	10	25
Pérou (planches)	30	40
Guatemala	20	40
Assam	10	30
Java	20	35
Bornéo	10	45
Gayaquil	30	50
Sénégal-Soudan	20	35

CHAPITRE VII

TRANSFORMATION MÉCANIQUE DU CAOUTCHOUC NORMAL EN CAOUTCHOUC MASTIQUÉ

Au sortir du déchiqueteur, le caoutchouc convenablement desséché est prêt à subir l'action des dissolvants. Mais, s'il ne doit pas servir industriellement sous forme de dissolution, le caoutchouc lavé n'a aucune application directe : c'est une simple étape par laquelle la matière passe avant d'être transformée en produits manufacturés. Dans ce cas, ce que le laveur avait dissocié, le masticateur ou pétrisseur est appelé à l'unir de nouveau : d'une part on débarrassera ainsi le caoutchouc normal de l'humidité et de l'air que contiennent encore ses pores ; d'autre part, on obtiendra un produit plus homogène et plus dense. C'est en forçant mécaniquement les différentes parties à se rapprocher et à se pénétrer intimement, à *s'agglomérer* en un seul tout, qu'on arrivera à ce résultat.

Agglomération, mastication ou pétrissage.

De même que pour l'opération du lavage, nous avons négligé de décrire les procédés surannés et délaissés par la grande industrie, nous ne mentionnerons que par mémoire l'ancien procédé de pétrissage inventé par Th. Hancock et nous ne décrirons pas la construction du *loup* ou *diable*, même muni de tous les perfectionnements qu'y ont apportés si ingénieusement MM. Auber et Gérard. Le diablage du caoutchouc demande beaucoup de temps et occasionne une élévation de température préjudiciable à la qualité de la matière ; il nécessite une dépense de force considérable qui, pour le pétrissage de 10 à 15 kg de matière, n'est pas inférieure à cinq chevaux nominaux. Aussi le procédé est-il de plus en plus délaissé et les usines outillées d'après un système plus récent l'ont-elles remplacé avantageusement par *le Malaxeur à cylindres cannelés*.

Le malaxeur n'exige qu'une force relativement peu considérable, la surveillance de l'opération est bien plus facile pour l'ouvrier et l'on évite l'échauffement de la matière ainsi que tous les inconvénients entraînés par cet échauffement.

D'après Heinzerling, à qui nous ferons souvent des emprunts dans toute la partie de cet ouvrage qui a trait à la transformation

mécanique, il existe deux espèces de malaxeurs : le malaxeur

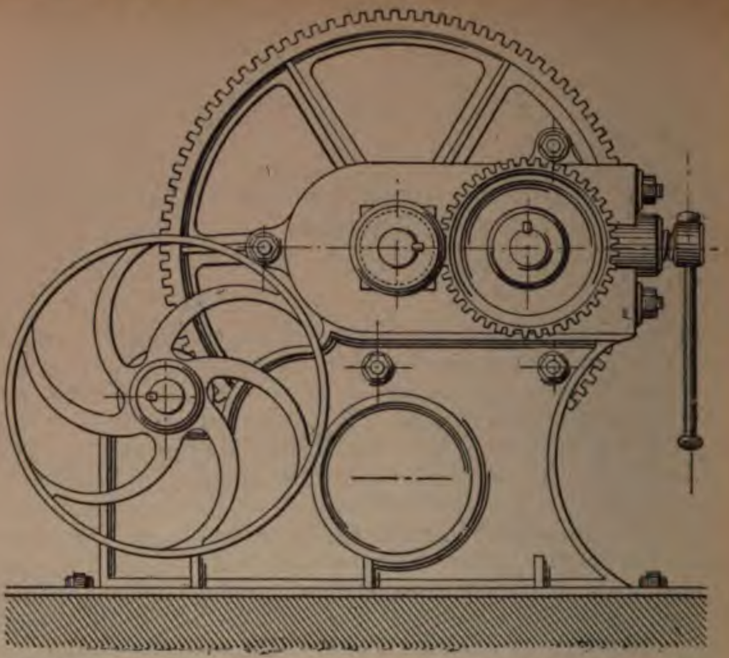


Fig. 25. — Malaxeur à cylindres juxtaposés horizontalement (élévation).

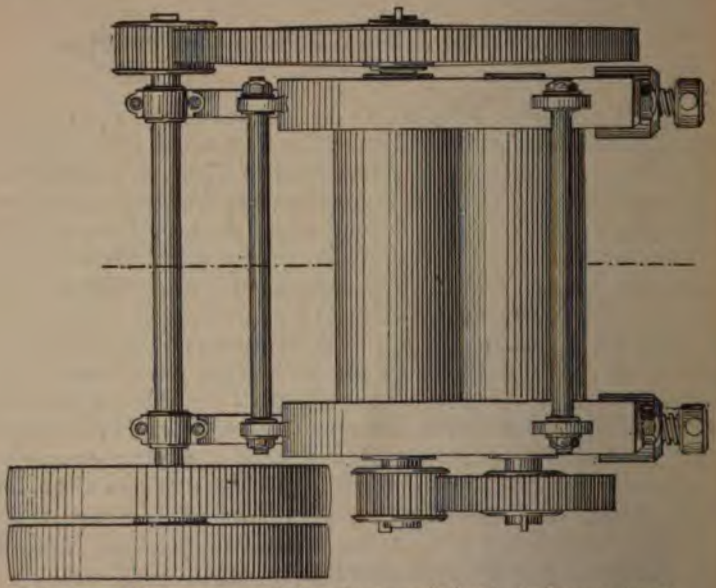


Fig. 26. — Malaxeur à cylindres juxtaposés horizontalement (plan).

cylindres horizontalement juxtaposés et le malaxeur à cylindres

perposés. Celui-ci est moins employé en France. Les figures 25 et

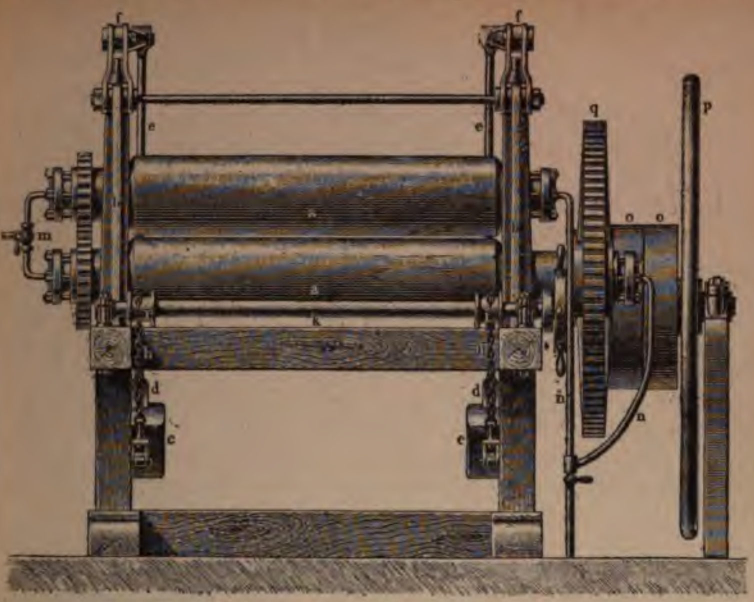


Fig. 27. — Malaxeur à cylindres superposés (élévation).

6 représentent un malaxeur dont les cylindres sont juxtaposés



Fig. 28. — Malaxeur à cylindres superposés (côté).

dans le sens horizontal. C'est la disposition de la machine à laver

américaine imaginée par Goodyear, avec cette différence toutefois que les cylindres se meuvent avec une vitesse égale, qu'ils sont toujours creux pour pouvoir être chauffés par la vapeur.

Les figures 27 et 28 représentent la machine avec cylindres superposés.

aa sont les cylindres creux ; celui de dessous se meut dans les chassis *bb* tandis que le cylindre supérieur est disposé de manière à pouvoir être rapproché ou écarté du cylindre inférieur à l'aide d'un levier et de contrepoids. Les poids *C* abaissent par l'intermédiaire du levier *d* et de la tige *e* les leviers *f* qui, de leur côté, commandés par les tiges *g*, pèsent sur les supports du cylindre supérieur et le rapprochent avec force vers le cylindre inférieur.

Cette disposition a l'avantage de permettre au cylindre supérieur de céder à une résistance anormale, telle que pourrait en engendrer la présence de pierres dans le caoutchouc ; on évite ainsi de détériorer l'un ou l'autre cylindre, ce qui arriverait fatalement si tous deux étaient fixes. Pour le réglage à volonté, les extrémités des leviers *d* sont garnies de chaînes *hh* s'enroulant sur des arbres *ii* et peuvent recevoir le serrage voulu à l'aide de *k* commandé par le levier *l*.

Les cylindres sont chauffés à volonté à l'aide d'une arrivée de vapeur *m* ; l'excès de vapeur et l'eau de condensation sont évacués par les purgeurs *nn*. Enfin l'arrivée de vapeur elle-même est réglée par une valve à vis. Les dimensions des cylindres sont généralement de 1^m, 30 de long sur 0^m, 45 à 0, 50 de diamètre.

Dans certains malaxeurs de construction plus récente on a remplacé les leviers et les contrepoids par des ressorts compresseurs ; ces ressorts peuvent recevoir un serrage à volonté et se trouvent situés entre les coussinets du cylindre supérieur. Ils atteignent d'ailleurs le même but que l'ancien système, c'est-à-dire qu'ils empêchent les cylindres d'être détériorés par l'interposition d'un corps dur et résistant.

L'un des cylindres a sa table unie, tandis que la table de l'autre, porte sur toute sa circonférence et parallèlement à son axe, des cannelures profondes d'environ 15 millimètres et larges de 30 millimètres. Les angles que les bords de ces cannelures forment avec la table de leur cylindre ne sont pas égaux, mais tour à tour obtus et aigus. C'est l'angle aigu qui arrive le premier au contact du cylindre uni pendant la marche de l'appareil.

Les cylindres tournent avec une vitesse inégale, qui est de deux tours pour le cylindre cannelé, et d'un tour seulement pour celui dont la table est unie.

Quand on veut travailler les dentelles obtenues par le déchiquetage, on chauffe d'abord les cylindres, puis on introduit peu à peu la matière que la machine peut recevoir, c'est-à-dire de 5 à 10 kg pour les cylindres dont nous avons donné plus haut les dimensions.

L'appareil étant chargé, on le met en mouvement et aussitôt qu'il fonctionne, on donne un serrage progressif de manière à ne laisser entre les cylindres qu'une distance de quelques millimètres. Le

caoutchouc se trouve ainsi forcé d'entrer constamment dans les cannelures qui viennent se présenter successivement devant la table du cylindre uni et, en outre, il est énergiquement entraîné par l'angle aigu de la cannelure qui vient y happer. Il résulte de là un malaxage continuellement répété qui, au bout de fort peu de temps, rend la masse de la gomme d'une texture très homogène.

Les cylindres tournent généralement avec une vitesse de 20 tours à la minute. La matière, une première fois malaxée, est reportée de nouveau sous le cylindres et autant de fois que l'ouvrier le juge nécessaire pour obtenir un résultat satisfaisant.

Le malaxage du caoutchouc est l'une des opérations les plus importantes et demande de grands soins pour éviter de graves défauts dans la matière. Si la gomme est imparfaitement séchée, il faut un malaxage de 40 à 45 minutes, de manière à éliminer par l'évaporation l'excès d'eau qui peut encore y être contenu. Dans nombre d'usines on malaxe séparément les caoutchoucs des diverses provenances.

Les sortes africaines, qui ont une tendance à devenir gluantes sous l'action de cylindres chauffés, sont additionnées d'un peu de talc et l'arrivée de vapeur est réglée avec précaution. Elles exigent d'ailleurs un malaxage beaucoup plus prolongé que les bonnes sortes, et particulièrement celles du Para.

L'opération de la mastication une fois accomplie, et avant de procéder au blocage, on peut, au moyen de deux mêmes cylindres malaxeurs, procéder au mélange du caoutchouc, c'est-à-dire à l'introduction dans la matière pure du soufre ou de ses dérivés solides, nécessaires à la vulcanisation et, s'il y a lieu, des diverses substances minérales ou tinctoriales qu'exige chaque emploi spécial.

C'est alors seulement que l'on peut passer à l'opération dite de la vulcanisation. Elle est trop importante pour que nous n'y consacrions un chapitre spécial. Quant aux autres mélanges, nous y reviendrons ultérieurement lorsque nous traiterons des diverses additions données à la gomme dans un but quelconque.

Blocage. — Les feuilles ou paquets provenant du malaxage ont des formes très irrégulières, et il est impossible de les utiliser en cet état ; en outre, elles n'ont pas l'uniformité de texture voulue : certaines parties sont plus nerveuses que d'autres, et les feuilles que l'on se proposerait d'en tirer se gondoleraient et ne seraient pas utilisables. Il faut donc les soumettre à une nouvelle opération, surtout si on se propose d'obtenir la feuille sciée et la feuille anglaise dont nous parlerons tout à l'heure. Cette opération s'appelle le *blocage*. A cet effet, les paquets de caoutchouc malaxé sont convertis en plaques régulières par leur passage entre deux cylindres de laminoir chauffés à la vapeur à 80°, et dont l'écartement varie entre 3 à 40 millimètres.

On obtient ainsi des galettes assez égales, mais rugueuses à leur surface : on en réunit un certain nombre lorsque la chaleur qu'elles ont reçue pendant le laminage les rend encore adhésives, et on les met dans un cadre en fonte de 25 à 30 centimètres de large et de 2 mètres de long, on les presse très fortement au moyen

d'une presse hydraulique puissante et on les laisse refroidir sous pression.

Au bout de quelques jours, on les retire des cadres et on les empile dans une cave fraîche où ils sont abandonnés généralement pendant plusieurs mois. Pendant ce long repos, il semble se produire un échange de matière molle plus ou moins abondante dans chaque par celle des caoutchoucs agglomérés avec les parcelles plus nerveuses, l'équilibre de dureté s'établit et la masse devient amplement homogène. Quand, en cet état, on la découpe en feuilles minces, on n'aperçoit plus ni marbrures ni stries provenant du plus ou moins de nerf des gommes mélangées pour la formation du bloc. On pourrait, il est vrai, par un travail prolongé à l'aide des cylindres malaxeurs, arriver à rendre bien plus homogène encore la masse entière, mais ce résultat aurait toujours pour conséquence un échauffement de la matière et un énervement préjudiciable à la qualité de la gomme destinée à être employée à l'état normal.

La gomme ainsi bloquée et encavée pendant plusieurs mois affecte naturellement la forme du moule employé : on prépare des blocs cubiques, parallélipipédiques de volume indiqué précédemment, et enfin des blocs cylindriques de $0^m,30$ de diamètre et $0^m,40$ de hauteur.

Elle s'emploie à la confection des plaques ou disques dans lesquels on découpe, à l'aide d'un couteau mécanique, des rubans pour obtenir du *fil de gomme bloquée*; mais la fabrication en est aujourd'hui presque entièrement abandonnée. Le fil est moins bon que celui découpé dans les plaques de caoutchouc normal non travaillé.

Feuille anglaise. — Le grand emploi de la gomme bloquée consiste dans la fabrication de la *feuille sciée* et de la feuille anglaise.

Pour établir cette feuille sciée, on prend un des blocs mis en cave pendant un temps suffisamment long ; on le fait dégeler doucement à l'étuve, puis on le colle avec une dissolution faite avec de l'essence de térébenthine, et surtout avec du benzol, sur le chariot d'une scie à placage dont la lame de scie a été remplacée par une lame sans dents bien tranchante ; un filet d'eau légèrement savonneuse arrose constamment la lame pour empêcher l'échauffement et par suite l'adhésion de la lame à la matière.

Pour obtenir des feuilles d'une largeur double, on soude, avec un peu de la dissolution précédemment mentionnée, deux blocs bout à bout par leurs extrémités qui ont été coupées nettement à angle droit.

Le sciage se fait absolument comme sur un seul pain ; il nécessite seulement un chariot double de longueur.

Dans un autre système, le bloc cubique est fixé sur un plateau à glissière comme le plateau d'une machine à planer. Un mécanisme porte le plateau en avant pendant qu'un couteau animé d'un mouvement de va et vient à raison de 1 500 à 2 000 coups à la minute enlève une lame mince de caoutchouc.

On ramène les organes dans la position première, on soulève le plateau porte-bloc d'une quantité correspondante à l'épaisseur voulue, et ainsi de suite jusqu'à ce que tout soit débité.

Feuille Guibal ou feuille sciée continue. — Le sciage des blocs lindriques se fait d'une manière différente et produit la feuille dite ntinue. Ce système, inventé par Guibal, consiste à prendre le bloc lindrique et à lui imprimer un mouvement de rotation autour de n axe pendant qu'une lame de couteau, constamment arrosée par

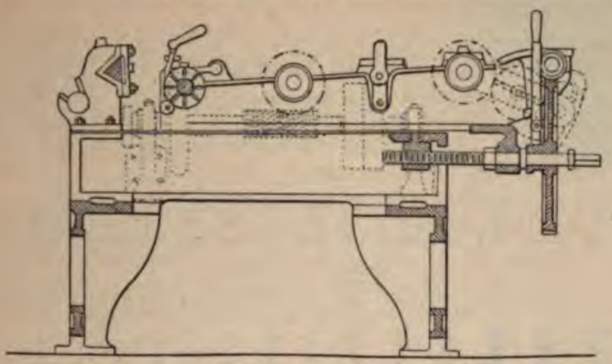


Fig. 29. — Machine à couper la feuille continue, système Leblanc (élévation).

un filet d'eau, le découpe en spirale. La longueur de la feuille ainsi obtenue varie suivant l'épaisseur : elle atteint parfois jusqu'à 500 mètres. Les figures 29 et 30 représentent l'élévation et le plan de la machine Guibal, construite et perfectionnée par Leblanc.

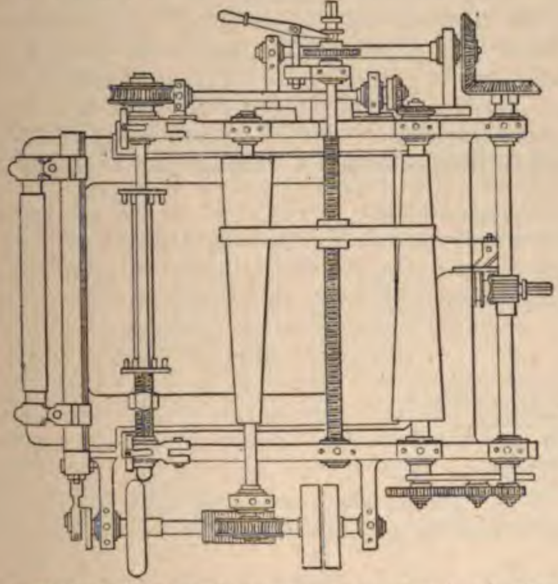


Fig. 30. — Machine à couper la feuille continue, système Leblanc (plan).

mesure que le bloc cylindrique diminue, la vitesse de rotation ente de manière à ce que la surface en contact avec le couteau rve une vitesse uniforme pendant toutela durée de l'opération.

Cette disposition a pour but d'obtenir des feuilles dont les rayures marquées par la scie soient parfaitement équidistantes.

La machine Leblanc produit des feuillets plus ténus encore que tous ceux produits à ce jour ; on arrive ainsi, d'après le diagramme établi par cet ingénieur à $0^{mm},18$, tandis qu'il y a un peu plus de dix ans on n'arrivait qu'à $0^{mm},30$.

Diagramme de diverses épaisseurs de la feuille anglaise.

On a généralement admis que pour obtenir une feuille sciée parfaite, il était indispensable de n'employer que du caoutchouc Para de très bonne qualité et que le sciage des blocs gelés ait lieu à basse température.



Fig. 31.

La deuxième partie de cette assertion peut être fondée, et rien ne nous incite à la contredire. Mais pour la première, les recherches et analyses toutes récentes d'Henriquès prouvent d'une manière irréfutable qu'il n'en est rien. Nous citons textuellement l'auteur : « Les ouvrages qui décrivent l'industrie du caoutchouc répètent tous, à l'envie que la gomme sciée ou patentée ne peut être découpée que dans des blocs de caoutchouc Para de bonne qualité. Grand fut mon étonnement de trouver contre mon attente un certain nombre d'échantillons composés comme par exemple les types ci-contre.

	I	II	III
1. Cendres	0,67 %	11	0,[illegible]
2. Soufre	3,68	2,37	1,[illegible]
3. Chlore	3,63	2,51	1,[illegible]
4. Résidu de l'extraction	84,30	92,10	94,[illegible]
5. Cendre du résidu 4	1,00	»	0,[illegible]
6. Soufre dans 4	1,92	1,77	0,[illegible]
7. Chlore dans 4	1,31	1,54	1,[illegible]
Substance dissoute S + cl.	4,08	1,57	1,[illegible]
Substance dissoute organique environ.	12,50	6,50	6,[illegible]

L'échantillon I était une qualité bon marché d'une fabrique de l'Allemagne du Nord. Les échantillons II et III des tubes de provenance inconnue.

Pour connaître la nature du produit soluble de l'échantillon I, on a extrait une cinquantaine de grammes de ce produit par la soude

Feuilles laminées ou étirées — Calandrage. — Au lieu de scier à la machine les blocs de caoutchouc, on peut aussi les laminer au moyen de calandres. Dans les petites usines on se sert quelque fois de calandres à deux cylindres. La fig. 35 représente un de ces instruments de construction américaine.

La figure 36 donne une calandre à 3 cylindres sortant des mêmes ateliers.

Les cylindres sont généralement en acier et sont chauffés pendant tout le temps de l'opération.

Quand la galette sort du mélangeur avec une homogénéité suffisante, on la passe, pendant qu'elle est encore chaude, dans la calandre, et d'abord entre les deux cylindres d'en haut et par le côté postérieur : la gomme se lamine, se convertit en feuille et est entraînée par le cylindre du milieu pour alors subir un deuxième laminage entre ce deuxième cylindre et le troisième du bas. Ce dernier est un peu plus rapproché du cylindre du milieu que ne l'est celui du haut ; il s'en suit qu'il se forme un petit bourrelet résultant de l'excès de matière fournie par le premier laminage. Mais, si de petites quantités d'air se sont trouvées emprisonnées dans la masse première et ont passé au premier laminage en formant une cloque dans l'épaisseur de la feuille, ces bulles, quand l'excès de gomme vient former le petit bourrelet devant les cylindres du bas, crèvent leur enveloppe amincie, et le second laminage donne une feuille privée de cloques.

On construit également des calandres à quatre cylindres. N'était leur marche plus compliquée et leur prix d'achat plus élevé, ces machines donneraient un rendement supérieur aux précédentes en ce que la feuille est plus pure et plus exempte de bulles d'air ou cloques tant redoutées du fabricant. Les Fig. 37, 37 bis et 37 ter représentent une calandre à quatre cylindres.

Calandre à friction. — La calandre à friction n'est autre chose qu'une calandre à trois cylindres creux, susceptibles d'être chauffés intérieurement par un courant de vapeur. Elle ne diffère de la calandre ordinaire que par la vitesse de rotation qui lui est imprimée. Le cylindre central tourne deux fois plus vite que les deux autres ; ce résultat est obtenu simplement par l'emploi d'une roue d'engrenage d'un diamètre égal à la moitié de celui des deux autres roues calées sur les cylindres supérieurs et inférieurs. Parfois les trois cylindres ne sont pas dans le même plan vertical.

Il n'y a rien de spécial à ajouter sur cette machine, qui sert à étendre une couche très mince de caoutchouc sur les tissus destinés à fabriquer les tuyaux avec toile et les courroies. Un tissu qui a été ainsi frictionné sur une face ou sur les deux faces, peut ensuite être passé à la calandre pour recevoir une couche plus épaisse de caoutchouc ; on est dans ce cas assuré que la feuille calandrée adhérera solidement au tissu.

Calandres à six cylindres et à double effet. — Cette machine d'invention plus récente et encore peu connue en France est construite par la *Birmingham Iron Foundry*. Les Fig. 38 et 39 représentent ce puissant engin dans trois positions différentes. Nous en devons la communication à l'obligeance de la direction des ateliers de cons-



Fig. 35. — Calandre à 2 cylindres des ateliers de Birming ham.

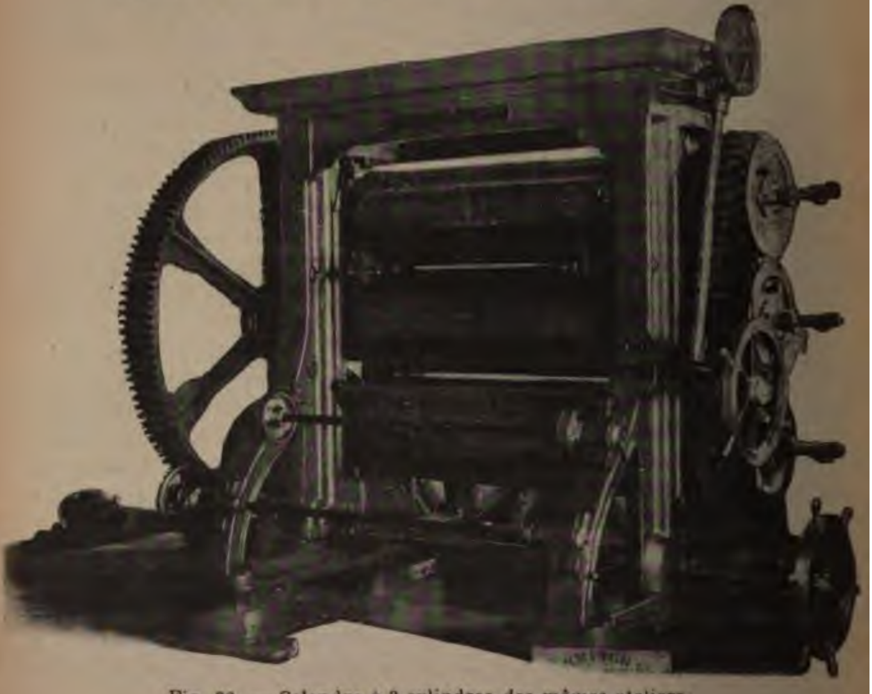


Fig. 36. — Calandre à 3 cylindres des mêmes ateliers.

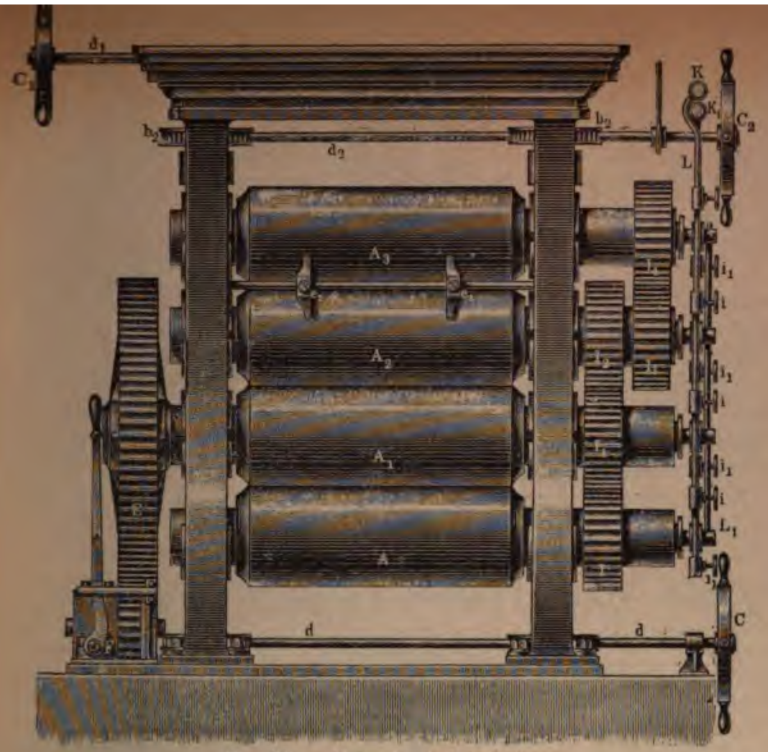


Fig. 37. — Calandre à 4 cylindres.

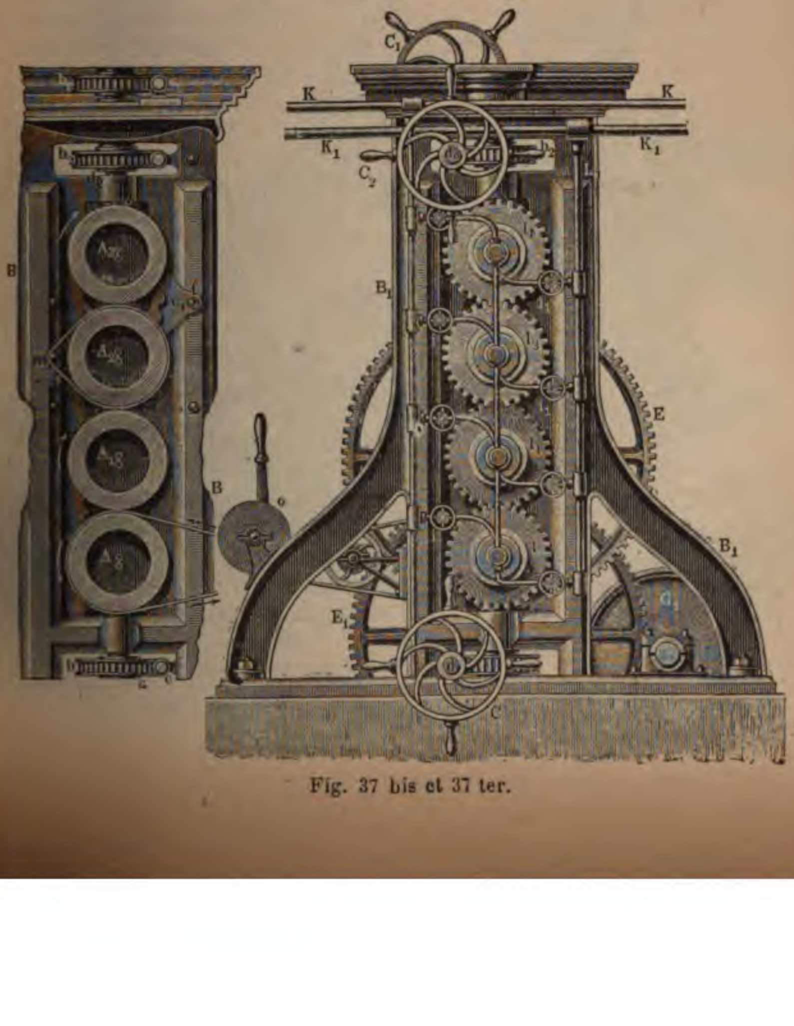


Fig. 37 bis et 37 ter.

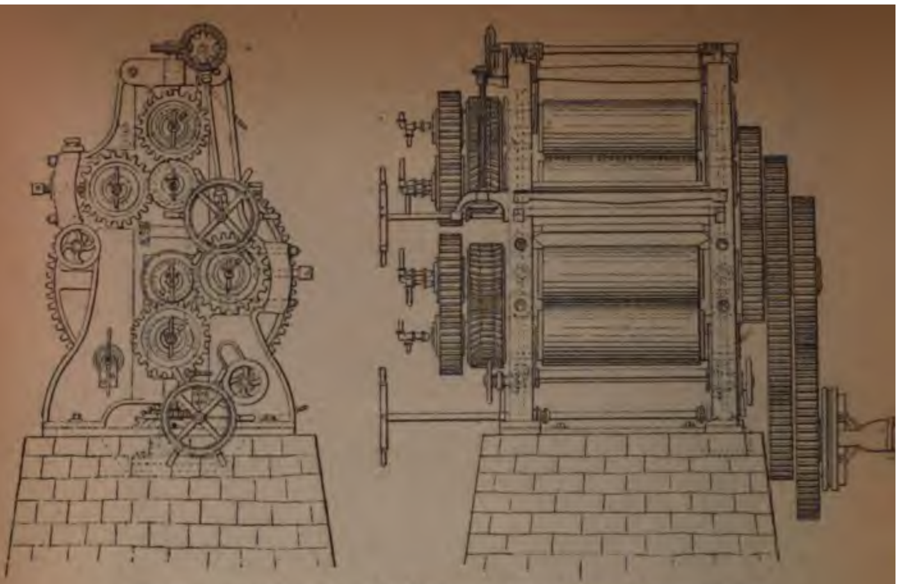


Fig. 38. — Calandre à 6 cylindres et à double effet de Birmingham.



Fig. 39. — Calandre à 6 cylindres et à double effet.

truction de Birmingham et saisissons ici l'occasion de la remercier vivement de tous les renseignements qu'elle a bien voulu nous fournir.

Voici en quoi consiste l'économie de cette machine nouvelle.

Sans exiger un emplacement plus considérable que la calandre ordinaire à trois cylindres, elle produit un travail double et peut servir soit de calandre ordinaire, soit de calandre à friction, soit enfin simultanément de calandre ordinaire et de calandre à friction selon les exigences du travail de l'usine.

On peut ainsi, soit appliquer simultanément une légère feuille de caoutchouc sur les deux faces d'une même toile, soit donner la friction également sur les deux côtés de la toile, soit enfin doubler la toile de caoutchouc d'un des côtés, tandis que de l'autre on lui fait simplement subir l'action de la friction.

Comme d'ailleurs la vitesse est de 25 mètres environ à la minute, le travail double de la machine produit donc 50 mètres si l'on opère un seul ou même travail des deux côtés de la toile.

Nous terminerons en rappelant que si l'on a soin de fournir une suffisante quantité de matière au devant du laminoir, quel qu'il soit, au moment où la précédente touche à sa fin, on peut obtenir une feuille d'une longueur indéfinie.

Dans le procédé Gérard, les cylindres lamineurs au lieu d'être chauffés à 80° le sont jusqu'à 115° environ, et le mouvement est assez lent pour qu'en effectuant son passage, la gomme ait le temps de se recuire. Les feuilles produites conservent ainsi beaucoup mieux l'épaisseur voulue.

La feuille est alors relevée sur des tambours où elle s'enroule mécaniquement en même temps qu'une toile en calicot, de telle sorte qu'elle ne peut avoir de contact immédiat avec une autre de ses parties et ne peut coller sur elle-même.

Dans une autre disposition de calandres à trois cylindres, la feuille terminée s'enroule sur un mandrin, tournant à la même vitesse que le cylindre inférieur, mais en sens inverse.

On peut régler l'épaisseur de la feuille par dixièmes de millimètres. Pour s'assurer de la régularité du travail, l'ouvrier qui conduit la calandre prélève de temps à autre des échantillons qu'il découpe non seulement sur le bord de la feuille, mais encore en plein milieu ; il les calibre à la filière et rectifie l'écartement des cylindres jusqu'à ce qu'il ait obtenu l'épaisseur requise.

On a essayé de donner à la feuille laminée l'apparence de la feuille sciée, et on y est parvenu, dit Chapel, en la faisant passer entre des cylindres en bronze ou acier, gravés de fines cannelures, dont l'empreinte ressemble aux stries produites par la scie sur la feuille anglaise.

Le procédé du laminage et calandrage offre, entre autres avantages, celui de pouvoir être employé à toute époque de l'année : il supprime des façons coûteuses et n'entraîne pas cette immobilisation pendant les longs mois de la matière première exigée par l'opération de la gelée, nécessaire à la fabrication de la feuille anglaise. Par contre, la consommation estime davantage les produits confectionnés avec la feuille anglaise.

Feuilles relevées. — La feuille laminée et calandrée ne depuis quelque temps, dans la fabrication des fils. On se se paravant de feuilles relevées d'un excellent usage, mais prix de revient était plus considérable. Comme ce genre de ration trouve encore souvent sa place dans l'industrie, nou rons rapidement le mode de production de la feuille relevée, l'action mécanique n'y joue qu'un rôle peu considérable c'est surtout le pouvoir des dissolvants qui est mis à contrib

Le caoutchouc Para qui sert à ce genre de préparation e tionné de 2 à 3 % de soufre, puis dissous dans le dissolvan nable. Ceci donné, voici, selon Maigne, le mode d'opérer :

On emploie un appareil composé de deux montants fixé tement dans le sol de l'atelier ou dans une semelle ma fonte ou de bois, et réunis supérieurement par une travers De chaque côté de ces montants est placé un rouleau pouvant tourner sur des t que portent des supports corps avec les montants. E le rouleau extérieur est mu manivelle pouvant être a par un homme ou par le m l'usine.

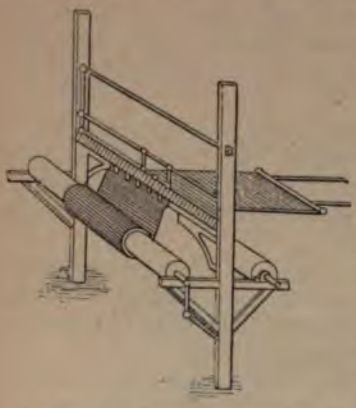


Fig. 40. — Machine à préparer la feuille relevée.

Immédiatement au-dessus leau intérieur est placé en fer, qui, d'une longueur l'intervalle des montants, pe avec deux coulisses pratiqu les montants. L'auge contien solution et peut être élevée c sée suivant le plus ou moin tière qu'on veut faire sortir à la hauteur désirée on la f des clavettes.

Enfin, le rouleau extérieur est chargé d'une longue b toile qui se déroule lentement pendant le travail, passe rouleau intérieur et l'auge, s'y charge d'une couche très m matière et enfin est reçue sur deux ou plusieurs cordes horizontalement.

La couche appliquée est toujours très mince et son épais réglée d'avance par l'écartement de la partie inférieure crier et de la règle qui l'accompagne.

Quand le dissolvant employé est le sulfure de carbone minutes suffisent pour qu'il s'évapore ; quand on se sert d'e légères, il faut 2 à 3 heures.

Les couches déposées sont tellement minces, qu'on es de répéter l'opération plusieurs fois, et ce n'est que par la position des couches ainsi produites qu'on obtient l'épais sirée. On talque ensuite la feuille et on la détache en hu par-dessous avec un peu de dissolvant, et on enroule sur c

Aujourd'hui on se sert de préférence, pour le même objet,

tier pour enduire les tissus à imperméabiliser, dont nous donnerons la description ultérieurement. L'évaporation n'est que plus rapide, grâce aux tables à vapeur dont ces outils sont toujours pourvus.

Procédé Sollier. — Les feuilles ainsi produites n'ont qu'une face unie, la supérieure ; l'inférieure garde naturellement le grain de la toile sur laquelle elle a été formée. Le procédé Sollier a remédié à cet inconvénient.

On étend d'abord sur la toile avec le même appareil que ci-dessus un enduit composé de colle de pâte et de colle de peau, additionné d'un peu de mélasse de canne, pour lui conserver la souplesse, et on opère comme précédemment. Le dissolvant étant sans action sur l'enduit, la dissolution s'étend simplement sur lui, sans y faire corps, et il devient ainsi possible de former des feuilles lisses des deux côtés.

Feuilles sur glaces. — Nous avons déjà dit que dans *la vulcanisation des moulés*, il était possible, par l'intervention de moules en verre, d'obtenir du premier coup et sans retouches des objets parfaitement polis. Il en est de même des feuilles relevées qu'on obtient aussi ténues que possible et d'une grande transparence, en préparant une dissolution très étendue (1 de gomme pour 15 de de sulfure de carbone), et en répandant cette dissolution sur des glaces planes. L'évaporation ne doit toutefois pas être trop accélérée, il se produirait un refroidissement considérable avec condensation de l'humidité ambiante et les gouttelettes d'eau tacheraient les facettes des feuilles.

CHAPITRE VIII

VULCANISATION DU CAOUTCHOUC NORMAL

Considérations préliminaires.

Pour rendre plus complètement intelligible ce qui va suivre, nous sommes forcés de revenir de quelques pas en arrière et de rappeler à nos lecteurs quelques défauts du caoutchouc naturel.

Tous les caoutchoucs naturels, qu'il s'agisse d'une variété ou d'une autre, ont la propriété de s'amollir rapidement dès que leur température a dépassé + 30° C. pour se rapprocher de celle de + 50° ; en même temps leur adhésivité augmente en raison directe du ramollissement, à tel point qu'à 50° la gomme est déjà tellement collante, qu'elle va à l'encontre de tous les usages industriels auxquels elle est naturellement destinée.

Au contraire, dès la température de + 10° C, les caoutchoucs naturels perdent insensiblement de leur élasticité ; ils durcissent, et arrivés à o° C ils sont tellement rigides et inextensibles qu'on les croit gelés.

Ces modifications si rapides dans des limites de température aussi rapprochées, constituent des inconvénients très préjudiciables à l'emploi du caoutchouc naturel. Il suffit, en effet, de transporter un objet dans un pays chaud ou dans un pays froid pour qu'il soit à peu près inutilisable dans les deux cas, ici par suite de sa rigidité, là parce qu'il est trop collant. Le même phénomène se produit dans un même lieu par suite de la simple variation des saisons.

D'un autre côté, sous l'influence de l'air et de la lumière, et plus encore, si cette influence s'exerce en présence de l'humidité et de la chaleur, le caoutchouc naturel s'altère assez rapidement et se transforme en une matière visqueuse, ne possédant plus aucune des qualités requises d'une gomme marchande : le caoutchouc s'oxyde.

Ces propriétés, ou plutôt ces vices originels, eussent certainement constitué une entrave à la généralisation de l'emploi du caoutchouc et, comme nous le disions dans notre introduction historique, la nouvelle industrie, aujourd'hui si prospère, eût été bien vite mise en péril, sans une de ces inventions géniales dont notre siècle a fourni de si nombreux exemples : nous voulons parler de la *vulcanisation* du caoutchouc.

Action du soufre et des autres corps halogènes

Le soufre, mis en présence du caoutchouc, n'en modifie en aucune façon les propriétés, tant qu'il n'y a pas élévation de température. Mais dès que la chaleur intervient, cette passivité commence à cesser pour disparaître complètement au fur et à mesure de l'élévation de température.

C'est à Payen que nous devons l'étude la plus intéressante sur ce sujet. Une lame de caoutchouc de 2 millimètres d'épaisseur, immergée dans un bain de soufre fondu à la température de 120° C, se gonfle d'abord légèrement, ses pores se distendent, et la gomme absorbe le soufre par sa capillarité. Elle se comporte comme si elle était plongée dans l'eau, avec cette différence que l'opération est ici plus rapide par suite de l'affinité du soufre pour le caoutchouc.

Au bout d'un quart d'heure, il ne s'est encore produit aucun changement notable dans les propriétés de la matière organique, dont les surfaces peuvent encore se souder par contact ; seule la porosité de la substance s'est amoindrie.

Mais, si on élève la température à + 130 et 140°, et qu'on poursuit l'opération pendant 30 à 40 minutes, l'aspect du caoutchouc se modifie en même temps que ses propriétés. La matière prend une nuance jaunâtre, elle ne peut plus se souder à elle-même, son élasticité a considérablement augmenté en même temps qu'elle est devenue constante : le froid ne la fait plus disparaître.

Les mêmes résultats se produisent si on expose à une température de 130 à 140° une masse de caoutchouc préalablement mélangé avec du soufre réduit en poudre impalpable.

Nous verrons par la suite qu'il est encore d'autres cas où ces mêmes résultats se produisent.

Le phénomène peut se produire à des températures variables, comprises entre le point de fusion du soufre et + 160° C : il se manifeste plus rapidement à une température plus élevée ; mais l'expérience a démontré que les résultats sont meilleurs si on opère à 120° environ et si on prolonge davantage l'opération.

Si la quantité de soufre est suffisante et si l'opération est faite de + 150 à 160° C, on obtient, au bout de quelques heures, non plus le caoutchouc vulcanisé, mais un produit nouveau n'ayant plus ni extensibilité, ni élasticité ; son aspect lui-même s'est modifié, le mélange a pris une couleur brune très foncée et a acquis la dureté de la corne : c'est le *durci* ou *l'ébonite*.

Le soufre à l'état de corps simple n'est pas le seul à provoquer le phénomène de la vulcanisation du caoutchouc : les sulfures alcalins, les sulfures alcalino-terreux, plusieurs sulfures métalliques, le chlorure de soufre, provoquent la même modification des propriétés de la gomme.

Quant au chlore, au fluor, à l'iode et au brome, leur action est assez semblable à celle du soufre, si elle n'est pas identique. Mais

ces corps sont beaucoup plus volatils que le soufre à la température ordinaire, leur action est plus énergique, souvent même trop énergique, pour atteindre d'une manière constante le but poursuivi par la vulcanisation : tantôt ce but serait outrepassé, tantôt la vulcanisation serait insuffisante, tantôt enfin la réaction serait rapidement détruite par la volatilisation du corps vulcaniseur.

Ces procédés ne seraient d'ailleurs pas facilement adoptés par l'industrie : le soufre est une matière d'un prix de revient infime, d'une manipulation assez facile, il donne des résultats pratiques assez satisfaisants ; il serait donc oiseux de recourir à d'autres procédés dont l'application présente des difficultés plus grandes sans donner des résultats meilleurs. Nous négligerons donc, pour le moment, l'étude de la vulcanisation du caoutchouc par ces corps secondaires, ne retenant que le soufre ou ses dérivés qui nous offrent d'ailleurs un champ suffisant d'investigation.

Des innombrables méthodes de vulcanisation par le soufre et ses dérivés, proposées et essayées tant en France qu'en Angleterre, en Amérique, en Allemagne et autres pays, nous allons examiner et décrire celles qui, à notre avis, méritent de fixer plus particulièrement l'attention des praticiens ; nous essaierons, en même temps, de formuler succinctement la critique de ces diverses méthodes, en faisant ressortir les avantages et les inconvénients de chacune d'elles, nous décrirons les appareils les plus usités dans l'industrie de la vulcanisation et nous terminerons ce chapitre par un essai de théorie de la vulcanisation.

La méthode considérée comme la plus importante jusqu'ici est celle qui est basée sur l'emploi du soufre à l'état naturel, soit à froid, soit à chaud. Elle se divise en deux procédés différents, selon que le soufre est incorporé au caoutchouc à froid ou à chaud. Le premier constitue le procédé Goodyear, le second le procédé Hancock.

Procédé Goodyear. Vulcanisation du caoutchouc par le soufre en nature

Ce procédé, le plus généralement employé, est basé sur le mélange à froid d'une quantité déterminée de soufre avec la gomme et sur la *cuisson*, c'est-à-dire la transformation du mélange en caoutchouc vulcanisé par l'intervention d'une quantité de chaleur également déterminée. Ce procédé est certainement le plus rationnel, puisqu'il permet d'incorporer au caoutchouc des proportions connues de soufre et n'abandonne rien au hasard. Il donne d'ailleurs presque toujours des résultats auxquels ne sauraient atteindre les autres procédés. Voici en quoi il consiste : le caoutchouc, malaxé et séché comme nous l'avons indiqué au chapitre précédent, est soumis à l'action d'un mélangeur, en présence de 7 à 10 °/₀ de soufre sublimé (fleur de soufre) ; on rencontre même dans le com-

merce du caoutchouc qui n'a été vulcanisé qu'avec 2 1/2 à 3 °/₀ de soufre. Mais dans la pratique, la quantité de soufre varie dans des limites plus étendues et l'on a vu certains fabricants en employer jusqu'à 25 °/₀. La première proportion est plus que suffisante, et même 6 °/₀ de soufre ont donné des résultats excellents ; en tout cas, l'excès, lorsqu'il n'est pas préjudiciable, ne peut être considéré que comme une simple addition inerte, donnant un poids factice à la matière manufacturée.

Pour la bonne réussite de l'opération, il est essentiel que le mélange soit parfait et que la masse ne forme plus qu'un tout homogène.

Nous avons décrit dans le chapitre précédent le mélangeur employé à cet effet (page 134 suiv.) et nous en avons donné le dessin (fig. 32).

Nous ne saurions trop insister sur les soins à apporter au mélange afin d'obtenir une masse homogène. On fait passer à plusieurs reprises 4 à 5 kg de caoutchouc déchiqueté entre les cylindres chauffés en diminuant leur écartement au fur et à mesure du travail. A sa sortie du cylindre la feuille est sauproudrée une première fois de soufre sublimé, et roulée sur elle-même ; repassée au mélangeur, cette opération se renouvelle autant de fois qu'il est nécessaire pour l'épuisement complet de la quantité du soufre à incorporer et l'obtention d'une masse réellement homogène.

En cet état, cette masse qui n'est encore qu'un simple mélange est *travaillée* comme à l'ordinaire pour sa conversion en fils, feuilles, tubes, chaussures ou tout autre objet de forme définitive.

Ce n'est que sous cette forme que les objets subissent la transformation par la chaleur. On les introduit dans une chaudière hermétiquement close où l'on fait arriver de la vapeur à une pression convenable, généralement de 3 1/2 à 4 atmosphères. Un séjour de 2 à 3 heures dans la chaudière suffit pour produire la vulcanisation.

Dans certains cas déterminés, les chaudières sont remplacées par l'étuve chauffée de 130 à 150° C. C'est ainsi, par exemple, qu'on vulcanise les chaussures en caoutchouc verni dont la vapeur d'eau altérerait l'éclat, ainsi que certains vêtements imperméables. Mais chaudières ou étuves atteignent le même résultat : le caoutchouc a subi l'action du soufre à la dose voulue et celui-ci est réparti dans la masse avec une régularité presque mathématique.

L'objection la plus sérieuse que l'on puisse faire au procédé Goodyear, c'est qu'il nécessite de grands frais d'installation et une grande somme de travail pour sa parfaite exécution. Il revient ainsi cher et n'est pas facilement accessible à la petite industrie ; mais c'est là un défaut auquel il n'est pas facile de remédier et nous n'y insisterons pas davantage.

Une critique plus sérieuse que le procédé Goodyear partage d'ailleurs avec le suivant (procédé au bain), c'est que les articles en caoutchouc vulcanisés directement par le soufre contiennent toujours un excès de ce corps qui, une fois l'opération terminée, a une

tendance à s'en séparer pour couvrir la surface extérieure de l'objet d'une efflorescence blanc grisâtre désagréable à l'œil, au toucher et à l'odorat.

Cette matière, qui n'est que du soufre en cristaux extrêmement ténus, peut contribuer à la prompte détérioration de l'article manufacturé. Au contact de l'humidité des magasins, le soufre s'oxyde et produit de l'acide sulfurique toujours préjudiciable à la matière.

Un lavage à l'eau alcaline est le remède tout indiqué ; mais si le contact est prolongé, ce qui est presque toujours indispensable, le lavage a un autre inconvénient : celui de trop découvrir la surface extérieure de l'article, de le dévulcaniser partiellement, pour ainsi dire, et de lui restituer ainsi une partie des vices inhérents au caoutchouc normal.

Procédé Hancock. Procédé au bain

Au lieu de mélanger le soufre et le caoutchouc, à une température relativement basse, puis de soumettre ce mélange à la chaleur de l'eau d'une chaudière ou de l'air d'une étuve, le procédé au bain utilise le calorique acquis du soufre fondu pour assurer la vulcanisation, c'est-à-dire qu'au lieu de *cuire* à la vapeur ou à l'air surchauffés, on trempe les objets manufacturés dans un bain de soufre en fusion. Le mélange et la cuisson se font simultanément.

Mais auparavant ces objets doivent séjourner pendant 24 à 36 heures dans une étuve chauffée. On donne ainsi aux soudures le temps de se consolider ; les traces d'humidité ou de dissolvant volatil ayant servi à la fabrication de l'objet s'évaporent. Sans cette précaution la vulcanisation au bain produirait des soufflures ou cloques, qui détérioreraient la marchandise.

Une fois complètement desséchés, les objets sont plongés dans le soufre fondu à une température de 130 à 135°. Mais, comme ils sont beaucoup trop légers pour y rester immergés de leur propre poids, il est indispensable de les charger, ce qui se fait au moyen de poids appelés réglettes.

On plonge dans le liquide, en même temps que les objets, de petits fragments de caoutchouc disposés de manière à pouvoir être retirés du bain à volonté. Ces fragments appelés *témoins*, servent à suivre la marche de la vulcanisation. Ils doivent avoir autant que possible la même épaisseur que les objets à vulcaniser : les indications qu'ils fournissent ainsi auront une réelle valeur pour l'opérateur. Il lui faut d'ailleurs une grande expérience pour qu'à la simple inspection de ces témoins l'ouvrier puisse juger de l'état d'avancement de son travail. Une fois les objets bien immergés dans le bain, la vulcanisation ne tarde pas à commencer. Le caoutchouc d'abord absorbe le soufre par sa seule capillarité et augmente ainsi jusqu'à de la moitié de son poids. A ce moment, sa couleur se modifie : de brun il devient orangé. Sorti du bain en cet état ap

s immersion d'environ vingt minutes, le caoutchouc est encore
p mou et possède toujours la propriété de se souder à lui-
me : le caoutchouc normal ne s'est pas chimiquement modifié.
is peu d'instants après la saturation des pores, la réaction véri-
lle commence : elle est complète au bout de 2 à 3 heures :
phénomène s'accomplit avec dégagement d'hydrogène sulfuré
i sein du liquide, ce qui n'avait pas lieu au premier abord.
Il y a réaction, car si l'on prolonge l'opération, la matière sou-
ise à ce traitement durcit à l'égal du bois et se transforme en ébo-
te.
Quand l'ouvrier juge la matière suffisamment vulcanisée, il l'im-
erge le plus tôt possible dans l'eau froide, il l'effrite et la débarrasse
nsi de l'excès de soufre qui couvre sa partie extérieure et qui,
us l'action subite d'un abaissement considérable de température,
fendille pour ne plus adhérer que légèrement. Un léger grattage
ec une lame métallique suffit alors pour en débarrasser l'objet.
Mais, malgré cette opération, le caoutchouc ainsi traité retient
ujours, comme dans la vulcanisation Goodyear un certain excès
soufre inutile à la vulcanisation de la gomme, qui constitue une
atière inerte et plutôt nuisible qu'utile. Cet excès de soufre est
sudé peu à peu de l'intérieur de la masse et vient tapisser, sous
rme de poudre blanche, la partie périphérique de l'objet vulca-
sé.
Il est d'ailleurs facile de se débarrasser d'une partie de cet excès de
ufre sitôt la vulcanisation obtenue, comme il est dit précédem-
ent, par le passage dans une solution bouillante alcaline caustique.
excès de soufre se convertit rapidement en sulfure alcalin, et il
ffit ensuite d'un simple lavage pour l'élimination du sulfure formé.

Procédés divers

Hancock a proposé un autre procédé que nous intitulerons :
ulcanisation par sublimation. Ce procédé est basé sur l'action si-
ultanée de la vapeur d'eau et du soufre à l'état de vapeurs. La
lcanisation, en ce cas, s'opère au bout d'une heure à 1 h. 1/2,
ivant l'épaisseur des pièces.
Le bain de soufre sert d'ailleurs encore, non plus comme vulca-
seur, mais en remplacement de la vapeur d'eau ou de l'étuve à
r, pour vulcaniser certains moulés. Nous en parlerons en temps et
eu.
Parallèlement à ces deux procédés basés sur l'emploi du soufre
issant directement sur la gomme, il convient de citer :
1° *Le procédé de Parkes ou au trempé. Procédé à froid.* — Il con-
ste à traiter le caoutchouc par le protochlorure de soufre. Décou-
ert en 1846 par Parkes, il est encore fréquemment employé au-
urd'hui, surtout lorsqu'il s'agit de vulcaniser des objets de
etite dimension et de faible épaisseur. La vulcanisation s'opère à
oid et très rapidement.

Dans la pratique, on dissout 2,5 parties de chlorure de soufre da
100 parties pondérales de sulfure de carbone pur et complèteme
deshydraté ; on plonge dans ce mélange les articles à vulcanise
pendant une minute 1/2 à 3 minutes, suivant l'épaisseur de l'obje
L'objet retiré du bain vulcaniseur, est séché à une température d'e
viron 25°C, retrempé de nouveau dans le bain pendant 1 à 1/2 m
nute, puis lavé d'abord dans une solution très étendue de carbona
sodique, ensuite dans l'eau pure et finalement séché.

Ce procédé n'est applicable qu'à la vulcanisation des objets d
petite dimension et de faible épaisseur. Quand l'épaisseur est pl
grande, l'immersion doit durer plus longtemps pour permettre l
pénétration du liquide vulcaniseur, mais alors on s'expose à dé
passer le terme convenable de la vulcanisation : le caoutchouc peut
brûler.

Pour parer à cet inconvénient, Parkes propose bien de n'employer qu'une 1/2 partie de chlorure pour 100 parties de sulfure de carbone et de prolonger ou de répéter le trempage. G. Gérard recommande au contraire de n'employer que les proportions premières, c'est-à-dire 2 1/2 °/ₒ de chlorure, mais de tremper les objets immédiatement au sortir du bain dans l'eau froide et de les y laisser séjourner pendant quelque temps. Le chlorure aurait ainsi le temps de pénétrer dans le caoutchouc, tandis que la partie superficielle déjà vulcanisée ne serait plus sujette à devenir cassante, l'excès de chlorure de soufre qui se trouve à la surface se transformant dès son arrivée au contact de l'eau, en acide chlorhydrique, acide sulfureux et en soufre non combiné.

Le procédé au trempé se distingue par sa grande simplicité et son extrême rapidité : il n'exige ni appareils bien compliqués, ni matières premières d'un prix bien élevé. Il se recommande surtout pour la fabrication de petits objets de caoutchouc découpé : blagues à tabac, irrigateurs, etc. Par contre, il ne peut servir à la vulcanisation des objets dépassant 4 millimètres d'épaisseur ; sinon la vulcanisation ne sera que très superficielle, ou bien le caoutchouc vulcanisé s'altèrera profondément, deviendra fragile et se cassera au moindre effort.

Dans un travail qui mérite de fixer l'attention des technologistes, Fawsitt a étudié, en 1889, le procédé Parkes d'une manière toute spéciale et il s'en fait l'ardent propagateur. S'il y a des plaintes sur le peu de durée du caoutchouc vulcanisé, ce chimiste n'en attribue la cause qu'à une fabrication défectueuse, et il cite des exemples de caoutchouc vulcanisé par ce procédé ayant conservé toute son élasticité et ses qualités au bout de 20 ans comme s'il sortait de l'usine. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce travail quand dans un second volume nous traiterons de l'imperméabilisation des tissus.

Pour le moment, qu'il nous suffise d'appeler l'attention des industriels que cette question peut intéresser sur quelques observations que notre propre expérience nous a permis de faire.

La vulcanisation par le chlorure de soufre dissous dans le sulfure de carbone offre de nombreux inconvénients, et s'il est possible de les surmonter, c'est à la condition que l'opérateur s'entoure de

nombre de précautions dont nous allons signaler les principales.

La première est de n'employer que le protochlorure de soufre S^2Cl^2 et jamais le bichlorure SCl^2 dont l'action est trop énergique sur le caoutchouc. Il lui est ainsi loisible d'employer des solutions bien plus concentrées et de mieux arriver au but qu'il se propose.

Mais, même si on emploie le protochlorure, corps excessivement instable surtout à la lumière, on devra toujours avoir à sa disposition une dissolution titrée et être certain que le protochlorure ne s'est pas altéré d'une opération à l'autre. Fawsitt a parfaitement pu obtenir des articles vulcanisés d'excellente qualité ; mais la répugnance de la généralité des usiniers pour le procédé n'en est pas moins justifiée. Telle dissolution de chlorure qui a très bien réussi pour une première vulcanisation, a pu se trouver altérée soit par l'emploi d'un sulfure de carbone incomplètement deshydraté, soit par un magasinage défectueux dans un lieu abrité de l'humidité et de la lumière ; la vulcanisation entreprise avec une telle matière ne produira plus son effet premier et l'ouvrier négligent ou malhabile n'aura employé qu'un liquide décomposé ne contenant plus que de l'acide chlorhydrique et un peu de soufre déposé au fond du récipient : la vulcanisation sera donc nulle ou insuffisante.

D'un autre côté l'opération, telle qu'elle est indiquée par Parkes, est dangereuse pour la santé de l'ouvrier, et toutes les aérations possibles proposées par Fawsitt comme préventifs ne peuvent qu'augmenter le mal au lieu d'y remédier.

Le sulfure de carbone qui sert de véhicule au chlorure de soufre n'agit pas, en effet, comme toxique, mais par le froid intense qu'il engendre pendant son évaporation rapide, évaporation augmentée encore par une aération énergique, les congestions cérébrales sont fréquentes et fatales. Il est donc essentiel de substituer au véhicule proposé par Parkes le pétrole, comme le propose Humphry, ou mieux encore le benzol, qui donne d'excellents résultats pourvu qu'il soit parfaitement deshydraté.

Vulcanisation par la vapeur du chlorure de soufre seul. — Mais il existe actuellement un procédé de vulcanisation par le chlorure de soufre bien plus inoffensif. Comme pour le blanchiment des étoffes, on construit un genre de soufroir doublé en plomb parfaitement étanche ; on y suspend les objets à vulcaniser et on place le chlorure de soufre dans une jatte disposée sur un réchaud allumé et on ferme le soufroir. L'opération se fait sans autre intervention et un simple lavage des objets à l'eau additionnée d'un peu d'hydrate d'ammonium après la sortie de la chambre de plomb enlève les matières inutiles et nuisibles qui ont pu se former sur le caoutchouc pendant la réaction.

Le procédé de Parkes ou vulcanisation à froid par le chlorure de soufre dissous dans le sulfure de carbone ou le pétrole, ou le benzol, de même que le procédé par la vapeur de chlorure de soufre seul, étaient jusqu'il y a peu de temps employés à l'exclusion de tous autres pour la vulcanisation de l'étoffe pour vêtements imperméables ou, pour mieux parler, pour la vulcanisation de la légère couche de caoutchouc qui rend l'étoffe imperméable.

Depuis, on s'est mis en devoir d'abandonner le procédé à froid, de même que le procédé de vulcanisation par la vapeur de chlorure de soufre seul, pour lui substituer la vulcanisation par la vapeur sèche. Au moment où nous écrivons ces lignes, trois maisons seulement en France emploient le nouveau procédé, l'Angleterre, et surtout l'Écosse, comptent un nombre un peu plus considérable d'usines ayant adopté la vulcanisation des toiles par la vapeur sèche ; mais c'est surtout en Amérique où le procédé a été inventé que cette méthode est le plus employée.

Cette vulcanisation, qui s'opère dans une étuve spéciale, ne donne de bons résultats qu'autant qu'on fait intervenir simultanément avec le soufre, la litharge faisant pour ainsi dire, fonction de siccatif. Sans le concours de cette dernière substance, la pièce vulcanisée garde un toucher gras et poisseux ; par contre, on n'obtenait ainsi jusqu'en ces derniers temps que des caoutchoucs ou plutôt des toiles vulcanisées colorées en noir.

Ce n'est que depuis peu, qu'une maison française produit, par le procédé de la vapeur sèche, des toiles vulcanisées de toutes nuances, le blanc parfait excepté. Malheureusement, le procédé est tenu secret et il nous est impossible de donner d'autres renseignements à cet égard.

M. Charles A. Fawsitt, dont nous avons déjà eu l'occasion de citer les nombreux travaux sur la vulcanisation du caoutchouc par le chlorure de soufre, a fait l'année dernière dans le *Journal of the Society of chimical Industrie*, une remarquable étude sur le *nouveau procédé de vulcanisation par la chaleur sèche et l'intervention des Iodures* ; le *Moniteur Scientifique* de Quesneville a reproduit ce travail (1).

Nous croyons devoir reproduire ce document, tout en faisant nos réserves sur les méthodes employées et préconisées plus spécialement par l'auteur ; l'expérience n'a pas donné partout des résultats également satisfaisants et le sujet est encore trop nouveau pour être complètement élucidé.

Cherchant à se rendre compte des raisons qui ont pu déterminer tout à coup les industriels américains, anglais et français à adopter ce nouveau mode de vulcanisation, l'auteur pense que la meilleure manière d'y arriver est d'exposer avant tout les avantages et les désavantages de l'un et l'autre procédé.

« Les avantages du procédé à froid sont : 1° la production de ce que l'on appelle cette couche transparente si appréciée et qui l'est encore, quoiqu'un peu moins, pour les vêtements à tissu simple ; 2° la rapidité et le bon marché du procédé comparé à celui par la chaleur sèche. Ce que j'entends ici par bon marché ne s'applique pas à la composition elle même, mais simplement aux frais de manipulation ; 3° la non-efflorescence des étoffes traitées à froid, ce qui est très important et ce qui n'a pas été expliqué d'une façon satisfaisante. A ce propos, je ferai une courte digression et je mentionnerai un point ou deux qui se rattachent à l'efflorescence et qui peuvent présenter un certain intérêt.

(1) Monit. Scient. Mai 1883, p. 490 et suiv.

Comment se fait-il que dans le caoutchouc appliqué à froid nous puissions mettre 9 pour 100 de soufre sans crainte d'efflorescence, tandis que dans le procédé par la chaleur sèche, 3 pour 100 sont dangereux ? Quelques personnes disent qu'on peut l'expliquer par ceci : que le caoutchouc n'a jamais été traité au-dessus du point de fusion du soufre. J'ai contrôle cette assertion en chauffant des morceaux de waterproof préparés à froid et contenant plus de 6 pour 100 de soufre, au-dessus du point de fusion de ce corps, mais je n'ai point trouvé d'efflorescence.

Quant aux désavantages du procédé à froid :

1° La principale cause qui a conduit les manufacturiers à adopter le procédé par la chaleur sèche a été que, souvent, le procédé à froid détériorait les étoffes, et cela pour des causes qui n'ont pu être expliquées. On s'en prenait ordinairement à l'huile contenue dans l'étoffe ; mais je crois que ce n'était là qu'une cause accidentelle ; sans doute les fabricants faisaient des mélanges défectueux, mais ils préféraient attribuer la faute à d'autres ;

2° L'action nocive de la vapeur de sulfure de carbone sur les ouvriers occupés à surveiller les appareils. Dans quelques fabriques, cette action est réduite au minimum et ne constitue pas une difficulté ; mais il n'en est pas ainsi dans la généralité des fabriques ;

3° La plupart des fabricants disent que les étoffes préparées à froid ne résistent pas aux climats chauds et aux climats froids aussi bien qu'on pourrait le désirer. Dans les climats chauds, la lumière intense, la chaleur et les émanations du sol exercent une puissante action décomposante. La lumière est, je crois, le principal agent de cette altération ;

4° Il n'est pas possible de falsifier le caoutchouc aussi facilement quand on emploie le chlorure de soufre, ce qui, à notre époque de bon marché, est d'une grande importance.

Quant à moi, j'ai constaté jusqu'à présent que le caoutchouc vulcanisé à froid est mieux vulcanisé que tout autre. Seulement, est-il facile, ou même possible, de réaliser pour les étoffes ce qui peut se faire pour une feuille de caoutchouc ?

Les avantages du procédé par la chaleur sèche s'expliquent pour la plupart par les désavantages du procédé à froid, car : 1° il y a peu de réclamations pour marchandises avariées et l'on peut employer des étoffes contenant une proportion d'huile qui serait inadmissible dans le procédé à froid. Néanmoins, bien que le dommage provenant de l'action de l'étoffe sur le revêtement de caoutchouc soit fortement réduit dans le procédé par la chaleur sèche, il ne faut pas en inférer que ce dommage n'existe pas, et l'on observe, avec les qualités inférieures d'étoffes de coton noires et brunes, que douze mois suffisent pour amener la décomposition d'un bon enduit de caoutchouc : cela tient au mordant et aux couleurs employées ; 2° on évite l'emploi du sulfure de carbone ; 3° l'enduit de caoutchouc résiste mieux que celui fait à froid, à la chaleur extrême et au grand froid ; 4° le bon marché.

En ce qui concerne les désavantages du procédé par la chaleur sèche, nous avons :

1° Le danger d'efflorescence, qui a été la principale cause des réclamations adressées aux fabricants et, comme les paramattas noirs deviennent de plus en plus à la mode, ce point a une grande importance ;

2° L'espace qu'occupent les étuves ;

3° Les frais de vulcanisation, pour une longueur donnée d'étoffe, sont le double de ce qu'ils sont par le procédé à froid ; cet inconvénient, il est vrai, est compensé par la possibilité de faire un enduit à meilleur compte, mais l'avantage n'en est pas moins en faveur de l'ancien procédé ;

4° L'impossibilité de produire un enduit transparent qui soit en même temps souple et élastique. On peut se demander pourquoi l'on ne se servirait pas du procédé par la vapeur pour les étoffes à waterproofs, puisqu'on l'emploie pour d'autres objets. C'est que, tout en appliquant bien le caoutchouc et avec moins de danger d'efflorescence qu'avec la chaleur sèche, ce procédé serait fatal aux couleurs de l'étoffe et à l'étoffe elle même. Avant l'invention du procédé par la vapeur sèche, on employait le procédé par la vapeur, mais jamais en grand, sauf pour les toiles noires et les toiles blanches.

Quand les fabricants, qui avaient pris l'habitude d'opérer par le procédé à

la vapeur et par le procédé à froid, commencèrent à employer le procédé par la chaleur sèche, il se présenta quelques difficultés qui n'étaient pas faciles à vaincre. Si par exemple, l'on prend un morceau de caoutchouc mélangé de 4 pour 100 de soufre, et si on le chauffe à 121° centigrades dans une étuve à chaleur sèche, ce caoutchouc se ramollit et devient inemployable ; mais si le même morceau de caoutchouc est chauffé à la vapeur, il se vulcanise d'une façon satisfaisante. Pour surmonter cette difficulté, il a fallu, pour chaque espèce d'enduit, faire des mélanges différents. De plus, la difficulté d'éviter les efflorescences, tout en obtenant une vulcanisation satisfaisante, a causé beaucoup d'ennuis, et l'expérience a souvent été payée de la perte de la clientèle, le temps constituant le facteur qui agit le plus fortement comme moyen de contrôle sur les marchandises en caoutchouc. En outre, les personnes qui avaient l'habitude d'acheter des vêtements transparents, bien finis, veloutés au toucher et bien élastiques, ne prenaient pas facilement les marchandises à tissu simple, à enduit sombre, manquant de mollesse au toucher et moins élastiques. Il va de soi que, pour les étoffes claires, il n'y a pas grande importance à éviter l'efflorescence ; mais pour les étoffes noires ou foncées, il est nécessaire de l'éviter complètement. On pouvait remédier en mal en employant une température élevée ou une chaleur continue, mais alors l'étoffe en souffrait. On constate que l'étoffe de laine s'attendrit légèrement vers 116° centigrades ; de là l'importance de chauffer peu et peu longtemps. Avec l'enduit effectué au moyen du procédé à la chaleur sèche, on ne peut descendre au-dessous de la température de 114°, à laquelle le soufre fond : de là la nécessité évidente d'amener la chaleur de l'étuve aussi promptement que possible à cette température. En ce qui concerne la durée du chauffage, elle dépend entièrement de la composition de l'enduit ; mais il faut en moyenne 1 à 2 heures à 116-118° C.

L'emploi et la construction des étuves exigent beaucoup de connaissances pratiques. La vapeur à 4 k. 5 de pression serait plus que suffisante pour produire une température de 114° centigrades en admettant qu'il ne se perde pas de chaleur par radiation ; mais pour de grandes étuves, on fait monter la pression jusqu'à 27 kilos. Il est plus économique d'opérer avec une pression encore plus considérable, car alors la chaleur peut être amenée plus promptement au point de fusion du soufre et l'on peut ainsi obtenir plus de travail dans un temps donné.

Il y a deux ans environ, on a demandé à ma maison un mélange capable de donner un enduit transparent, au moyen du procédé par la vapeur sèche ; je fis faire une série d'essais qui aboutirent à la production d'une substance répondant bien au but proposé et applicable non seulement à ce genre spécial de travail, mais aussi à d'autres que l'on n'avait pas prévus. Lorsque les essais de laboratoire furent finis, la *North British Ruber Company*, qui de toutes les maisons de la Grande-Bretagne avait la plus longue expérience du procédé par la vapeur sèche, a eu l'obligeance d'entreprendre des essais pratiques, et, sous la surveillance de M. A. Douglas, en 1891, elle les a réussis : il fut prouvé que cette substance convenait pour la production d'enduits transparents et on l'introduisit dans la fabrication d'autres objets tels que celle des bas de pêche. On trouve ainsi dans le commerce des objets que cette maison fabrique maintenant couramment et dont l'article le plus important est la culotte de pêche. Le caoutchouc est excessivement souple ; en exposant l'étoffe à une température peu élevée, et en ne l'exposant que pendant peu de temps, on diminue le risque de l'attendrir. Deux échantillons transparents ont été arrosés avec la même gomme que les bas de pêche, l'échantillon en soie a été arrosé en juillet 1891 et vulcanisé pendant 3/4 d'heures à 116° centigrades ; un autre échantillon de soie a été arrosé en juin 1893 et chauffé pendant 1 heure seulement à la même température. Ces échantillons, surtout ceux qui ont été très légèrement arrosés, sont souples et agréables à toucher et de belle apparence.

J'ai deux échantillons de feuilles de caoutchouc coloré, que MM. W. Warne et Cᵉ ont eu l'obligeance de préparer pour moi. Ces échantillons ne contiennent que 2 pour 100 de substance vulcanisante, c'est-à-dire des iodures de métaux lourds mélangés avec du soufre.

Dans mon brevet je revendique tous les composés d'iode et de brome ; toutefois, j'ai trouvé que les iodures et les bromures de métaux lourds sont

ceux qui donnent les meilleurs résultats. J'ai trouvé que l'addition du soufre était nécessaire et que sans lui il était impossible de réussir.

Voici les points que nous avons fixés pendant les essais :

1° La très petite proportion de composé qui était nécessaire pour assurer la vulcanisation complète. L'iodure a pu être réduit jusqu'à 1 1/2 pour 100, le soufre étant de 2 pour 100. On comprend bien que 3 1/2 pour 100 de composé n'affectent en quoi que ce soit la transparence du caoutchouc ;

2° La température peu élevée exigée pour la vulcanisation complète. Ce point semble très important, car la plupart des fabricants éprouvent de grandes difficultés à vulcaniser, d'une façon satisfaisante, à une température qui n'altère pas l'étoffe. L'extrême sensibilité de la substance vulcanisante par rapport à la chaleur a gêné un peu au commencement des essais, car on se rapprochait trop des opérations faites avec les mélanges pour chaleur sèche. Je me rappelle que dans les premiers essais, on avait jusqu'à 15 pour 100 d'iode et 6 pour 100 de soufre, et ce qui est étonnant, c'est que ces échantillons se vulcanisèrent entre 93° centigrades et 96° centigrades, bien au-dessous du point de fusion du soufre, ce qui était tout à fait insolite et prouve que la réaction qui a lieu est bien différente de celle qui se produit dans le procédé ordinaire, où il n'y a pas d'action apparente au dessous de 114° centigrades, bien qu'il y ait une proportion considérable d'agents vulcanisateurs. Naturellement, comme il est facile de le comprendre, lorsque l'on emploie une si grande proportion de vulcaniseur, une grande quantité de ce produit reste sans avoir servi, de sorte qu'elle peut plus tard encore affecter le caoutchouc. C'est ce que j'ai prouvé par le chauffage d'un morceau de caoutchouc de ce genre entre 116 et 118° centigrades, mais pendant 39 minutes seulement : ce morceau est devenu tout à fait dur. La propriété, l'agent de vulcanisation, d'agir bien au-dessous de 114° centigrades n'a pas grande importance à présent, mais elle pourra recevoir plus tard une application utile ;

3° La rapidité de l'opération a été assez surprenante, car une demi-heure a suffi lorsque j'ai employé 3 pour 100 de vulcaniseur et 2 pour 100 de soufre ; quand j'ai employé une grande proportion, en même temps qu'une température élevée, la vulcanisation s'est effectuée en quelques minutes. Avec 15 pour 100, 10 minutes de chauffage à 121° centigrades seraient suffisantes.

On se défie généralement de la vulcanisation rapide : cela est tout naturel, car la méthode ordinairement employée n'exige pas moins de 2 heures à 114° centigrades. J'ai trouvé qu'avec le nouveau composé, le mieux était de n'employer qu'une petite proportion et de prolonger la chaleur, mais une heure a paru suffisante pour tous les usages ordinaires, lorsque l'on employait 2 à 3 pour 100 de composé avec 2 pour 100 de soufre. Avec ces proportions, le vulcaniseur paraît épuisé au bout de 1 heure de chauffage. Pour le prouver, j'ai coupé en deux parties un morceau de caoutchouc mixte, j'ai chauffé l'une pendant 1 heure à 116° centigrades et l'autre pendant 5 heures : au bout de ce temps, elles étaient l'une et l'autre également vulcanisées. Le vulcaniseur, en agissant si rapidement et à une température si peu élevée, procure une grande économie, en ce que dans un temps donné une étuve peut faire plus de travail. C'est là le grand avantage du procédé par la vapeur sèche.

M. Waddington a pris un brevet pour une étuve à fonctionnement continu ; MM. Charles Macintosh et C[e] et d'autres industriels s'en servent. Dans cette étuve, l'étoffe est tirée lentement, elle monte et descend un grand nombre de fois avant d'aller s'enrouler sur un cylindre extérieur. Il semble qu'il y ait là un nouveau progrès réalisé, car par ce système on peut essayer l'étoffe quand on le veut et régler la vitesse des cylindres selon que le caoutchouc est trop vulcanisé ou pas assez ; ce système empêche aussi les faux plis et les raies qui se produisent ordinairement sur l'enduit dans les étuves ordinaires. Ce système serait spécialement applicable quand on se sert du nouvel agent de vulcanisation, vu qu'il est plus sensible à la chaleur que tous les produits dont on se sert pour le travail ordinaire.

Quand on a commencé à opérer avec cet agent de vulcanisation, il s'est présenté une difficulté qui a causé quelque ennui, mais on a trouvé un moyen simple d'y obvier. Sur la laine, la vulcanisation s'effectuait d'une façon satisfaisante ; il n'en était pas de même sur le coton teint en noir ou en brun. Une fois, on avait opéré sur du coton à carreaux noirs et blancs ; sur le noir, l'enduit

était mou et pas assez vulcanisé ; sur le blanc il était parfait. Comme l'étoffe de laine noire était exempte de cette action particulière, celle-ci ne pouvait provenir que de la façon différente dont les couleurs étaient fixées dans les deux cas. Dans le cas du coton, on pensa que l'insuccès provenait soit du mordant seul, soit du mordant combiné avec la matière tinctoriale. Pour les étoffes contenant beaucoup de couleurs, il était difficile de dire quelles étaient celles qui exerçaient une action fâcheuse ; je me procurai donc du fil de coton teint de diverses couleurs et j'en fis faire des bandes tricotées sur lesquelles je répandis de la pâte de caoutchouc contenant une proportion de vulcaniseur plus que suffisante pour la vulcaniser. Après avoir opéré pendant 2 heures, entre 116 et 118° centigrades, je constatai que l'enduit sur les blancs, les bleus, les gris et certaines nuances de brun était parfaitement vulcanisé, mais que sur les noirs et les bruns foncés il ne l'était pas assez.

Comme l'étoffe noire était celle qui avait causé le plus d'ennuis, je m'en occupai spécialement pour trouver, s'il était possible, de déterminer la cause de cette action. Je commençai par prendre l'opinion d'un teinturier expérimenté pour essayer de deviner quel avait été le procédé employé dans la teinture du fil. Après un examen critique, il me dit que le mordant était le mordant de fer, le tannin « préparé » et la teinture de campêche. Je pris ensuite trois morceaux de coton blanc, et, après les avoir bien nettoyés et desséchés, je les ai traités comme suit :

Le n° 1 a été trempé dans une solution de mordant de fer ;

Le n° 2 a été trempé dans une solution d'acide tannique ;

Le n° 3 a été trempé dans une solution de bois de campêche.

Je les ai ensuite desséchés et j'y ai étalé à la surface de la pâte d[e] caoutchouc de la même composition que celle précédemment employée. Après vulcanisation j'ai desséché, pendant 2 heures environ, à 116° centi[-] grades et j'ai trouvé que dans chaque cas l'enduit était de bonne qualité ; ainsi, pris séparément, les réactifs n'empêchaient pas la vulcanisation. J'a[i] pris ensuite trois pièces d'étoffe, je les ai nettoyées et traitées comme suit :

Le n° 1 a été plongé dans du mordant de fer, puis dans de l'acide tan[-] nique ;

Le n° 2 a été plongé dans du mordant de fer, puis dans de l'extrait d[e] bois de campêche ;

Le n° 3 a été plongé dans du mordant de fer, puis dans de l'acide tan[-] nique, puis dans de l'extrait de bois de campêche.

Après dessiccation, j'ai étalé de la pâte de caoutchouc à la surface et j'a[i] traité comme auparavant. Le n° 1 s'est trouvé vulcanisé, mais les numéros [2] et 3 n'étaient pas vulcanisés, ce qui prouve évidemment que l'échec prove[-] nait du composé qui s'était formé entre l'oxyde de fer et la matière colorant[e] du bois de campêche. Le manque de temps m'empêcha d'étudier davantag[e] ce sujet et d'essayer de trouver la cause de cette action. Comment c[e] composé de teinture pouvait-il influencer l'iodure ou le mélange d'iodure e[t] de sulfure au point d'empêcher ainsi l'action vulcanisante ? Il semblai[t] presque que le composé tinctorial affectait le soufre ou se combinait avec l[ui] de façon à le soustraire à l'action de l'iodure, car j'ai trouvé que l'additio[n] de soufre supplémentaire était un antidote en ce qui concerne la vulcanisa[-] tion, mais l'emploi de cette addition était-il admissible dans le travail ave[c] l'étoffe noire, à cause du danger d'efflorescence ? Je pensai, comme explica[-] tion possible, que les étoffes qu'on vend ordinairement pouvaient conteni[r] un peu de mordant enlevé par le lavage ou de la matière grasse. Aussi j[e] traitai comme il suit les morceaux d'étoffe contenant un bon mélange de noi[r] et de brun :

N° 1, traité trois fois avec de l'éther pour enlever les graisses ;

N° 2, bouilli trois fois dans de l'eau ;

N° 3, bouilli avec de l'acide faible, puis avec de l'eau ;

N° 4, bouilli avec de l'alcali faible, puis avec de l'eau.

Après dessiccation, j'ai étendu la pâte de caoutchouc et j'ai vulcanis[é] 2 heures à 116° centigrades. L'enduit, ainsi formé, n'a rien valu, ce qui éta[it] la condamnation de la théorie d'après laquelle de la graisse ou du mordan[t] serait resté dans l'étoffe.

On sait depuis longtemps que le cuivre et certains de ses composé[s] exercent une action délétère sur le caoutchouc. Cette opinion a été exprimé[e]

dernièrement par Thomson (*India rubber Journal* 1891, *page* 328); mais dans les cas ci-dessus, il n'y avait pas de cuivre. J'ai demandé à M. Christie, de la maison J. Orr Ewing and C°, chimiste très compétent dans les questions de teinture du coton, s'il pouvait fournir une explication de ce fait ; il pensa qu'il pouvait tenir à la présence du peroxyde de fer, et il me conseilla de me procurer un morceau de cette étoffe de coton bufile dont on se sert beaucoup pour rideaux de fenêtres ; cette étoffe était exempte de toute matière étrangère telle que l'acide tannique et le bois de campêche dont on se sert pour teindre en noir et en brun. Je suivis son conseil et je trouvai que l'action du vulcaniseur était retardée, ce qui prouvait presque que le peroxyde de fer était la seule cause de l'insuccès ; mais, si cela était démontré, il y avait cependant lieu de se demander quelle était la réaction qui se produisait ; quoique cette action fût spéciale et à peu près inexplicable pour moi, je trouvai un remède simple pour permettre son emploi sur les étoffes de coton. Ce remède consistait d'abord à donner à l'étoffe un enduit de pâte de caoutchouc pur, mélangé avec 2 pour 100 de soufre, mélange auquel on a souvent recours dans le procédé ordinaire par la chaleur sèche, pour éviter l'efflorescence. L'étude de l'action des étoffes teintes sur l'enduit de caoutchouc, est importante non seulement pour les fabricants de caoutchouc, mais aussi pour les teinturiers, et il me semble que la solution du problème ne devrait pas être laissée aux manufacturiers, mais soumise aux écoles de teinture qui, autant que je sache, ne se sont guère ou point occupées de ce sujet ; quelques riches fabricants de caoutchouc auraient avantage à encourager l'étude de ces questions dans les écoles industrielles.

Un point important dans l'emploi du nouveau vulcaniseur c'est que, par son moyen, on peut facilement obtenir un enduit de caoutchouc coloré, sans ajouter une grande quantité de pigment au caoutchouc. Dans le procédé ordinaire, par la chaleur sèche, il est difficile d'avoir un bon enduit coloré, tout en employant assez peu de pigment pour que le composé reste élastique.

Les enduits colorés se vulcanisent dans un laps de temps dépendant de la proportion du vulcaniseur et de la matière ajoutée, mais le laps de temps ordinaire est de 3/4 d'heure entre 116 et 118° centigrades.

Le vulcaniseur en question se mélange très bien avec les pigments, mais certains en retardent l'action. Il me semble que les enduits obtenus avec lui pourraient être finis sans farine, car la surface est sèche et souple. Ce serait là un argument en sa faveur, car la farine paraît exercer une action nuisible a la surface du caoutchouc, sans doute parce qu'elle devient humide et qu'elle fermente. En outre, la farine ressort par l'humidité sur les vêtements et laisse des marques, ce qui est regrettable.

M. Fawsitt ajoute que l'iodure employé pour la fabrication des bas de pêche est de l'iodure d'antimoine. On l'a choisi de préférence à l'iodure d'étain, à cause de son prix peu élevé et des beaux résultats qu'il produit. L'iodure d'étain, lui aussi, a donné de beaux résultats ; mais, ayant commencé avec l'antimoine, on n'a pas voulu changer dans l'intervalle. »

Une modification du procédé Parkes au chlorure de soufre et due au même inventeur consiste à vulcaniser un mélange de caoutchouc et de *chlorure de soufre solide*.

4 à 5 kgs de caoutchouc et 6kg,500 de chlorure de soufre solide sont mis en présence dans le mélangeur : le temps nécessaire à cette opération dépend de la vitesse de la machine et de la masse employée ; il faut donc de temps à autre en détacher quelques lanières et essayer si l'élasticité est suffisamment développée. On retire alors la masse et on la comprime dans un moule encore chaud, puis on procède au lavage. Nous ne voyons pas l'avantage de ce procédé et l'industrie en juge comme nous : elle n'y a pas recours.

Procédé Humphrey. — Comme nous venons de le voir, l'emploi du sulfure de carbone dans le procédé du trempé présente, au

point de vue de l'hygiène des ateliers, un inconvénient grave auquel il est important de remédier. Dans ce but, Humphrey propose de remplacer le sulfure de carbone par un autre dissolvant et, selon lui, le pétrole le remplacerait avantageusement tant au point de vue hygiénique qu'au point de vue économique.

Mais, dans ce cas, il est indispensable que le pétrole soit complètement anhydre. A cet effet, on le soumet au traitement suivant : on verse 60 à 80 kg de pétrole dans un récipient muni de son agitateur et l'on y ajoute 10 °/₀ d'acide sulfurique concentré (à 66°). On brasse quelque temps le mélange, puis on l'abandonne au repos pour permettre à l'acide sulfurique de se séparer complètement de l'hydrocarbure. On transvase alors le pétrole dans un autre récipient par décantation, on ajoute 200 à 250 grammes de chaux caustique par hectolitre de pétrole deshydraté ainsi qu'un peu de manganèse, et on distille.

Pour s'assurer si le pétrole est assez deshydraté pour dissoudre le chlorure de soufre, on y trempe un fragment de potassium, et l'on regarde si, après un contact de quelques instants, le potassium a conservé tout son éclat. S'il perd son brillant, c'est que le pétrole n'est pas suffisamment deshydraté et le potassium se couvre d'une couche d'hydrate de potasse.

Quant au manganèse, il est destiné à absorber toute trace d'acide sulfureux qui aurait pu se former par l'action de l'acide sulfurique sur le pétrole.

Procédé Gaultier de Glaubry. — Ce procédé est similaire a[u] procédé Parkes. Il consiste à employer au lieu et place du chloru[re] de soufre un mélange de soufre et d'hypochlorite de chaux. [Le] mélange ne tarde pas à s'échauffer et à dégager du chlorure [de] soufre. Si, en l'état, on ajoute ce mélange au caoutchouc, la vulc[a]nisation s'opère d'elle-même à la température ordinaire ou à l'ai[de] d'un peu de chaleur.

Quant aux résultats, ils sont les mêmes que ceux du procédé Parke[s].

Procédé Gérard au polysulfure de sodium (foie de soufre). — C'est Gérard qui, le premier, proposa l'emploi des sulfures alcalins e[t] notamment le pentasulfure de potassium pour la vulcanisation. D'après ses indications, on plonge les articles à vulcaniser dans un[e] solution de foie de soufre à 25° B et l'on cuit sous pression à 138°-140° C.

Ce procédé a donné d'excellents résultats, le caoutchouc se vul[canise] très bien et très régulièrement et, quand il a été lavé ave[c] soin, il présente une surface lisse et douce au toucher : il est velout[é] et ne donne par la suite aucune réaction acide. Son défaut le plu[s] grave est de n'être applicable qu'aux objets de dimension et de sec[]tion faibles.

Déjà à l'ébullition sous la pression ordinaire, le sulfure de po[]tassium détruit la viscosité du caoutchouc.

Le foie de soufre ajouté au caoutchouc dans la proportion de [..] à 12 °/₀, même en mélange avec l'oxyde de zinc ou du carbona[te] de chaux et de la chaux caustique, donne également de bons ré[]sultats.

Procédé alcalin de Gérard. — Un autre procédé, dû à Gérard, permet de prévenir ou, du moins, d'atténuer beaucoup, pour les blocs d'un certain volume, les altérations spontanées du caoutchouc vulcanisé, résultat qu'on ne peut obtenir par le procédé précédent que pour les objets de faible épaisseur. Il consiste essentiellement à mélanger au caoutchouc une matière terreuse pouvant, par sa grande finesse, se mêler intérieurement à la masse : c'est la chaux légèrement hydratée.

Après avoir saupoudré 100 parties de caoutchouc avec un mélange de 6 parties de soufre et de 6 à 10 parties de chaux pulvérulente, on incorpore les substances d'une manière intime en les passant à plusieurs reprises entre les cylindres mélangeurs chauffés de 45 à 50°. La masse est ensuite bloquée, débitée en feuilles et objets façonnés selon besoin. La vulcanisation a lieu en vase clos au bain de vapeur ou d'eau à la température de 140°. La durée de l'opération varie de 1 1/2 à 3 heures, selon l'épaisseur. Par l'espèce de lavage qu'elle subit, la surface perd une partie du soufre et de la chaux ; il en résulte qu'elle est moins vulcanisée et, partant, plus souple, tandis que dans les procédés ordinaires la couche superficielle est plus énergiquement vulcanisée, plus dure et plus cassante par conséquent. D'un autre côté, la présence de la chaux dans la feuille s'oppose au dégagement intérieur de l'hydrogène sulfuré et par suite aux soufflures ; en outre, le caoutchouc ne peut s'assimiler un excès de soufre qui se combine de préférence avec la chaux pour constituer un sulfure alcalino-terreux.

D'après l'inventeur, qui appelle *caoutchouc alcalin* la gomme ainsi vulcanisée, la matière aurait toutes les qualités de celle obtenue par le système Goodyear et le procédé au polysulfure de potassium, et il lui serait supérieur en ce qu'il serait plus tenace et qu'il pourrait résister, sans altération, pendant plusieurs années, à des températures de 180°, ce qui permettrait de l'employer utilement pour la fabrication des joints de chaudières, tuyaux à vapeur, etc.

Procédé Burke ou vulcanisation au sulfure d'antimoine. — De tous les sulfures métalliques proposés ou essayés, le sulfure d'antimoine est incontestablement le plus important. L'usage l'a du reste consacré pour certains cas spéciaux. Hancock le recommandait déjà en 1847 avec d'autres sulfures métalliques pour la vulcanisation de la Gutta, et W. Burke en recommanda l'emploi pour la vulcanisation des tissus imperméables.

Son procédé consiste dans l'emploi du sulfure d'antimoine précipité. A cet effet, il prépare d'abord le sulfure d'antimoine de la manière suivante :

A une partie de sulfure d'antimoine brut en poudre il ajoute environ 25 parties de carbonate de soude cristallisé ou 20 parties de carbonate de potasse dissous dans 250 parties d'eau. Le tout est bouilli dans une chaudière en fer pendant 30 à 45 minutes au bout desquelles on arrête l'ébullition et on laisse déposer pendant quelques minutes les matières non dissoutes. On filtre encore chaud, et la potasse ou la soude sont saturées par un léger excès d'acide chlorhydrique. On obtient aussitôt un abondant précipité du sulfure

d'antimoine *rouge orange* (Kermès) qui n'a plus besoin que d'un lavage pour être débarrassé de son excès d'acide chlorhydrique, et d'une dessiccation très douce, mais suffisante, pour chasser l'humidité. On mélange 5 à 15 °/₀ de kermès avec le caoutchouc seul, selon le degré d'élasticité que l'on veut obtenir, puis on procède à la vulcanisation à 126-137° C. Le caoutchouc ainsi préparé a une couleur rouge brune : il excelle non seulement sous le rapport de sa force et de son élasticité, mais encore par la faculté qu'il possède de résister à l'influence des rayons solaires et de conserver toute sa douceur et sa flexibilité à une basse température, qualités essentielles pour *des vêtements*.

Il a, en outre, cet avantage de ne donner par la suite aucune efflorescence à la surface des objets vulcanisés et le contact des métaux lui est moins nuisible qu'aux autres gommes vulcanisées.

A ce genre de procédés, il convient d'ajouter celui préconisé en 1847 par *Multon*, la vulcanisation par le *sulfure de plomb*.

Multon employait le sulfure de plomb seul pour les articles élastiques, ou additionné de carbonate de magnésie pour les articles plus fermes, plus durs. Ce même inventeur recommandait également un mélange de sulfure de plomb ou de zinc et de sels de plomb et de zinc.

Selon lui, la vulcanisation par le plomb et le zinc aurait la propriété de donner une grande flexibilité au caoutchouc sans qu'il ne puisse jamais s'y présenter d'efflorescence. Il en est de même du procédé au *sulfure de mercure* ; mais le prix élevé du mercure ne permet l'emploi de cette matière que là où elle doit servir simultanément de matière vulcanisante et de matière colorante : elle donne d'ailleurs de bons résultats.

Pour terminer, rappelons encore le procédé *Tonner* basé sur l'emploi simultané du sulfure de bismuth et de plomb (fusion de 5 kg de bismuth et de 5 kg de plomb puis additionné de 5 kg de soufre). La masse pulvérisée est mélangée dans la proportion de 1 partie avec 3 parties de caoutchouc et la cuisson s'opère de 138 à 142° C. On prête au caoutchouc ainsi sulfuré la propriété de pouvoir résister énergiquement à l'influence de la chaleur. D'après Tonner il supporterait + 200° C sans durcir ni devenir cassant.

Il convient d'ajouter que les essais de contrôle entrepris par Heinzerling n'ont pas entièrement confirmé ces prévisions.

Procédé Schwanitz ou vulcanisation à la glycérine. — Ce procédé n'est qu'une légère modification du procédé Goodyear. Il consiste à ajouter une certaine dose de glycérine et de cuire dans un bain de glycérine. D'après l'auteur, le caoutchouc ainsi vulcanisé serait très résistant à l'action des corps gras, sans perdre en rien de ses autres qualités. A l'aide du mélangeur on incorpore à la gomme de la glycérine seule, ou bien un mélange de glycérine et de matières solides, telles qu'oxyde de zinc, carbonate de chaux (craie), fleur de soufre, etc. L'inventeur recommande spécialement le mélange suivant :

Gomme élastique	3
Craie	2
Glycérine	0,50
Fleur de soufre	0,30

Les articles fabriqués avec ce mélange sont placés dans un autoclave et cuits à environ 2 atmosphères. La durée du chauffage dépend de l'épaisseur des feuilles à vulcaniser.

Le traitement avec la glycérine pure serait suffisant d'après Schwanitz, dans la plupart des cas comme, par exemple, pour rendre le caoutchouc inattaquable par les corps gras. Nous avons de la peine à comprendre comment la glycérine seule est susceptible de donner cette propriété au caoutchouc. Nous comprenons bien mieux son action en présence de la litharge avec laquelle la glycérine forme un mastic solide très résistant.

Nous mentionnerons aussi le *procédé de métallisation* de la Cie franco-américaine où la vulcanisation s'opérerait (d'après le *Moniteur industriel*, 1880, vol. VII, p. 64) par l'intervention du plomb ou de l'antimoine en poudre impalpable.

Nous ne pouvons en l'état nous prononcer ni sur la valeur de ce procédé ni sur les emplois spéciaux auxquels ce mélange est appliqué.

Il en est de même du procédé de vulcanisation proposé par *Balard* et où le chlorure de soufre est remplacé par le *bromure :* le procédé ne donnant aucun avantage marqué sur le chlorure, il est inutile d'y insister et nous n'en parlons que pour mémoire.

Enfin, pour terminer, nous rappellerons le procédé Moureley de Manchester (1883), procédé qui offre l'avantage incontestable de ne laisser subsister dans le caoutchouc aucun effet ultérieur du soufre libre. Il consiste à vulcaniser la gomme avec 2 à 3 °/₀ de soufre seulement en solution ammoniacale à 12 °/₀, ou au sein de vapeurs ammoniacales.

Cuisson ou vulcanisation proprement dite

La *vulcanisation proprement dite, la cuisson*, consiste à soumettre à l'action de la chaleur (étuve ou vapeur surchauffée) le caoutchouc intimement mélangé au soufre ou aux dérivés du soufre. La température la plus favorable à la cuisson est celle de 120 à 136° C. L'opinion d'après laquelle la vulcanisation aurait déjà lieu à 110° C est erronée. Heinzerling s'est assuré, par une série d'essais directs, qu'en soumettant le caoutchouc à une température de 100° C même pendant 4 à 5 heures, il n'y a pas trace de vulcanisation. Pour qu'il y ait vulcanisation, il est indispensable de toujours dépasser de quelques degrés le point de fusion du soufre, c'est-à-dire 113° C. Le choix de la température la plus convenable à la vulcanisation, suivant les circonstances, constitue le point le plus délicat de cette opération. L'intervention d'une température trop élevée *brûle* la matière, qui perd alors de son élasticité et devient très rapidement cassante, surtout à la périphérie ; à une température trop basse la vulcanisation n'est que superficielle et n'atteint pas le cœur du sujet.

Un signe caractéristique pour reconnaître un caoutchouc incom-

plètement cuit est de lui faire subir un étirage à une douce chaleur : si la cuisson est complète, la gomme reprend facilement sa forme primitive, sinon elle reste partiellement étirée. Si on exerce une forte pression sur le caoutchouc incomplètement vulcanisé encore chaud, il se forme un creux qui reste permanent.

La durée nécessaire pour que la vulcanisation soit complète dépend :

1° De la qualité du caoutchouc. Ainsi le Para-caoutchouc se vulcanise moins rapidement que celui des Indes asiatiques plus mou, plus gluant.

2° De la section transversale des feuilles à vulcaniser. Les objets de faible section sont vulcanisés dès la première heure ; les objets d'une section plus considérable exigent 2 à 3 heures.

Pour la *cuisson* on se servait autrefois d'étuves à air chaud maçonnées et dont le fond en tôle recevait l'action directe de la flamme au moyen de carneaux disposés *ad hoc*. Les objets à vulcaniser étaient introduits dans l'étuve et maintenus à une certaine distance du fond à l'aide d'un étendage spécial, soit horizontal, soit vertical, de manière à subir également l'action de la chaleur. Ces étuves ne sont plus employées que dans certains cas particuliers, comme, par exemple, dans la fabrication des souliers en caoutchouc verni et de certains vêtements dits vulcanisés à l'étuve. Mais, chose digne de remarque, pour qu'il y ait vulcanisation à l'air chaud, il est absolument indispensable qu'il y ait intervention de litharge dans la matière vulcanisante : sans ce corps il n'y a pas vulcanisation.

Ces étuves sont actuellement remplacées par les vulcaniseurs à eau surchauffée ou à vapeur. L'emploi de la vapeur sous pression permet de régler plus facilement la température que celui de l'air chaud.

Vulcaniseurs à vapeur. — Comme bain de vapeur on employait autrefois un appareil dans lequel on vulcanisait le caoutchouc en même temps qu'on y produisait la vapeur. Ces chaudières sont actuellement remplacées par des appareils spéciaux mis en communication avec un générateur, une valve règle la pression qui est contrôlée par un manomètre placé à l'extérieur du vulcaniseur. Avant de passer à la description d'un appareil vulcaniseur de ce genre, il n'est pas inutile de donner le tableau des tensions de la vapeur aux différentes températures entre 100° et 150°.

Température à...°C.	Tension de la vapeur en millimètres mercure	Tension en atmosphères
100	760,000	1
105	906,410	1,19
110	1075,370	1,41
115	1269,410	1,69
120	1491,280	1,96
125	1748,880	2,28
130	2030,280	2,67
135	2353,730	3,08
140	2717,630	3,57
145	3125,550	4,11
150	3581,230	4,71

L'appareil vulcaniseur que nous donnons ci-dessous est construit en tôle très forte ; il a souvent une longueur de 14 à 20 mètres, ce qui permet d'opérer sur des pièces de dimensions relativement grandes. On sait, en effet, que pour éviter que les tubes en caoutchouc ne se déforment à la vulcanisation, on les monte sur un mandrin en fer dont le diamètre correspond à la section intérieure des tubes.

Cet appareil a une longueur de 15 à 20 mètres avec un diamètre de 5 à 6 mètres. Sa construction est identique à celle d'une chaudière à vapeur ordinaire. Le corps du cylindre est garni à son extrémité ouverte d'une saillie en fonte reliée à une saillie identique de l'obturateur capable de former autoclave, quelquefois la saillie de l'obturateur s'engage dans une rainure pratiquée autour du corps du cylindre et à demi-remplie (pour que la fermeture soit parfaite), par un boudin formé de 25 parties de filasse et

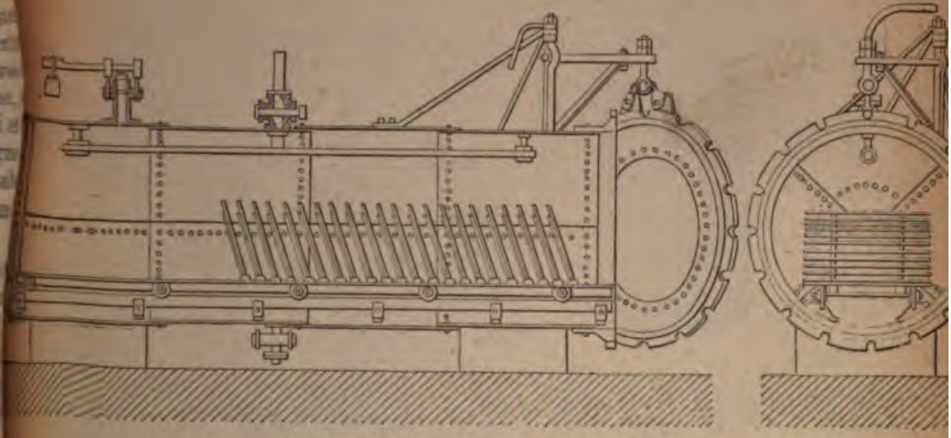


Fig. 41. — Appareil vulcaniseur, d'après Karmarsch et Heeren.

75 parties de caoutchouc souple alcalin. L'obturateur se fixe dans cette saillie au moyen de brides, d'agrafes, de charnières et de boulons. Il est d'ailleurs commandé par un palan fixe ou une petite grue qui en facilite le maniement et permet tantôt de l'éloigner tantôt de le rapprocher et l'adapter à l'ouverture du cylindre. Pour faciliter l'introduction des objets à vulcaniser le fond de la chaudière est pourvu d'une disposition à rails sur lesquels peuvent se mouvoir de petits chariots montés sur galets et appelés à recevoir les objets à vulcaniser couchés ou suspendus suivant besoin. Un tuyau d'arrivée de vapeur muni de son robinet répartit uniformément la vapeur ; il se trouve tout au long de la partie supérieure du cylindre et sa partie inférieure est percé d'une infinité de petits trous. Le cylindre est surmonté d'une soupape de sûreté et à sa partie inférieure est pratiqué un échappement destiné à donner issue soit à l'air soit à l'eau de condensation. L'intérieur de la chaudière est

garnie d'une série de petits cylindres creux munis de ressorts à boudin et de supports destinés à maintenir les feuilles laminées entablées sur des plaques en tôle.

Il va sans dire que l'aménagement intérieur peut varier d'un atelier à l'autre suivant les besoins de l'industrie spéciale.

La Fig. 42 représente une autre forme de chaudière à vulcaniser servant spécialement pour les petits objets et pour la vulcanisation au moyen de l'eau chauffée par la vapeur à haute pression.

Son diamètre est de $1^m,50$ à $1^m,70$ et sa longueur de 4 à 5 mètres.

La chaudière *A* est horizontale ou verticale ; dans la dernière position, elle est munie d'une disposition servant à déplacer le couvercle *d*. Dans la position horizontale une disposition équivalente sert à manœuvrer à volonté ce couvercle. Dans ce cas on installe dans la chaudière un wagonnet se mouvant sur rails et destiné à servir de support aux objets à vulcaniser enfermés dans leurs moules

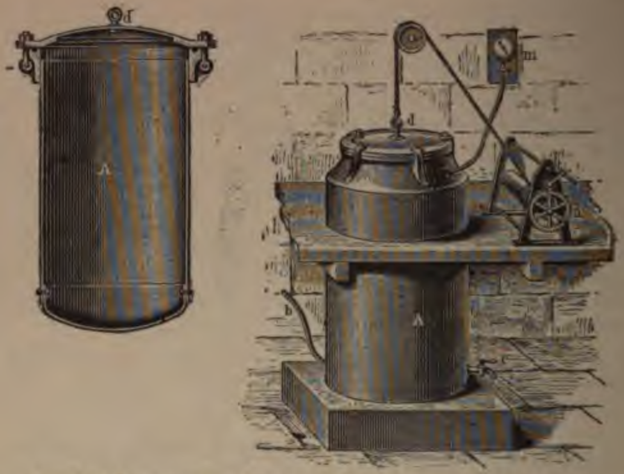


Fig. 42. — Appareil à vulcaniser les objets de moindre dimension et servant à la vulcanisation de la vapeur à haute pression.

en fer. Le tuyau *b* communique avec le générateur : une valve règle la pression dans l'intérieur du vulcaniseur ; *m* figure le manomètre et C le purgeur.

Les vulcaniseurs à eau chaude sont semblables aux vulcaniseurs à vapeur, seulement, ils sont placés verticalement et renferment de l'eau jusqu'à un certain niveau. La vapeur arrive dans la chaudière, élève la température de l'eau jusqu'à 125 — 150° et détermine la cuisson des objets qui sont plongés dans le liquide.

La figure 43 représente un vulcaniseur à vapeur, construction Rickkers. En lui donnant la position verticale et en supprimant les rails d'arrivée il peut également servir de vulcaniseur à eau chaude.

On peut aussi employer pour cette vulcanisation des chaudières à double fond. La vapeur est introduite entre les deux cylindres, chauffe par rayonnement l'air contenu dans le cylindre intérieur et par suite, *vulcanise a sec* les objets qu'elle renferme.

Il n'est pas inutile enfin d'avoir à sa disposition dans un aménagement bien entendu un vulcaniseur de petites dimensions destiné à faire sans grand frais les essais toujours indispensables sur la

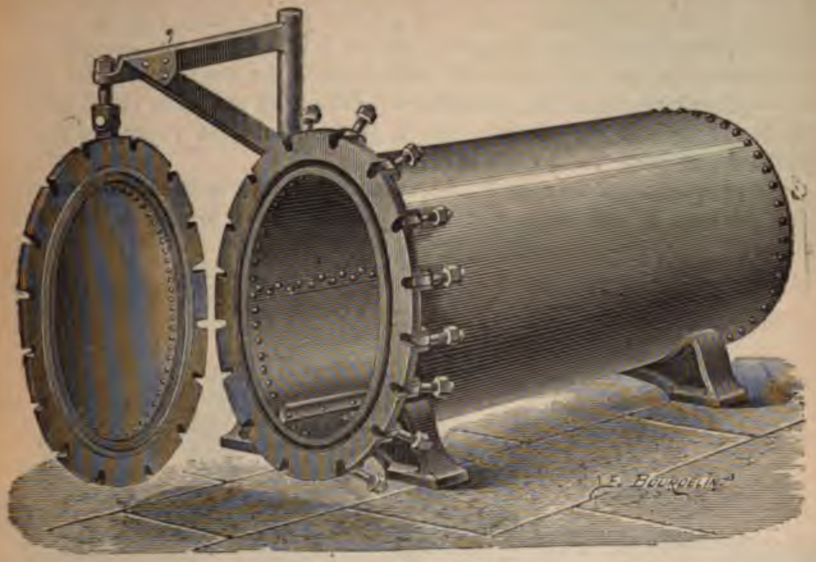


Fig. 43. — Vulcaniseur (Construction de Coster Rickkers).

vulcanisation de telle ou telle gomme, de tel ou tel mélange. Ces petits appareils sont appelés *marmots*.

Presses à vulcaniser ou *vulcanisation par contact.*— Pour ce genre de vulcanisation on emploie des presses à vis, des presses à vis et à leviers articulés des presses hydrauliques, etc.

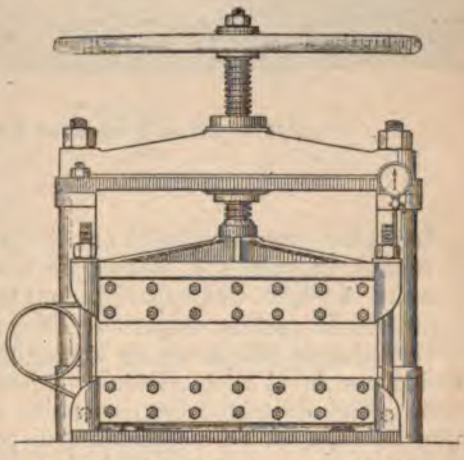


Fig. 44. — Presse à vis à une seule vis.

Presses à vis.— Les appareils sont disposés comme les presses copie de lettres. Ils sont formés de deux plateaux creux, chauffés intérieurement par la vapeur. Le plateau inférieur est fixe et posé sur une table ou sur un support ; le plateau supérieur monte et descend au moyen d'une vis tournant dans un écrou fixe taraudé 'ans la traverse ; il est guidé dans ses mouvements par des comes latérales.

ı manomètre, communiquant avec l'un des plateaux, permet

d'apprécier la pression de la vapeur que l'on règle au moyen d'un robinet disposé sur le tuyau d'arrivée.

Les objets en caoutchouc mélangé sont placés dans des moules et portés entre les deux plateaux de la presse que l'on serre fortement. La durée de la cuisson varie ; en général on s'arrange de telle sorte qu'avec une pression comprise entre 2 1/2 et 4 atmosphères, la vulcanisation soit terminée en deux heures au maximum. La durée est souvent réduite à une heure et même à 30 minutes : tout dépend de la proportion du soufre, de la pression de la vapeur dans les plateaux et de la nature du mélange.

En proportionnant convenablement les deux organes, on construit des presses à une seule vis avec plateau de 1 mètre à $1^{m},25$ de côté.

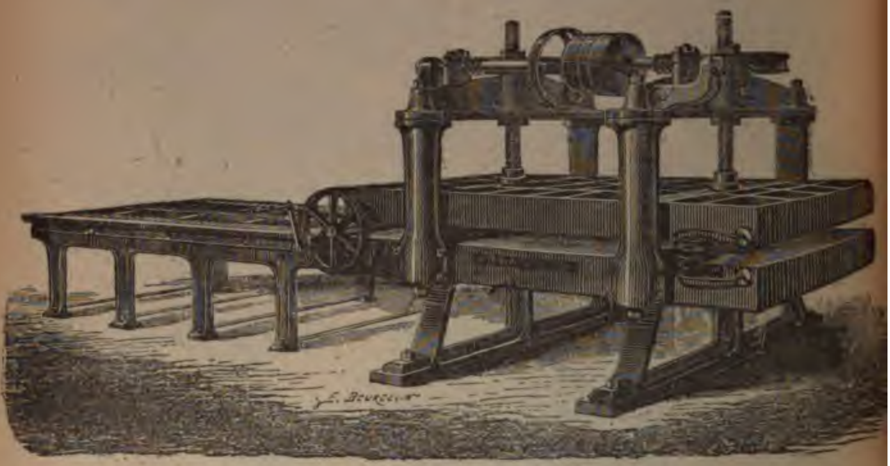


Fig. 45. — Presse à vulcaniser à 2 vis. Système Leblanc.

Les plus grandes presses ont des plateaux qui mesurent jusqu' 3 mètres et même 4 mètres de longueur, avec une largeur d 1 mètre à $1^{m},50$. Ces appareils sont munis de 2 à 3 vis de pression Pour que le plateau supérieur descende régulièrement et appui uniformément sur toute sa longueur, toutes les vis doivent être solidaires. A cet effet, chaque vis porte à sa partie supérieure une roue dentée du même diamètre ; chacune de ces roues engrène avec une vis sans fin correspondante disposée sur un arbre horizontal qui peut être manœuvré à l'aide d'un volant, ou bien à l'aide de poulies mises en mouvement par l'arbre de l'atelier qui, dans ce cas, opère mécaniquement la manœuvre du plateau supérieur.

La presse représentée par la Fig. 45 est du type à 2 vis (Const. Leblanc).

La manœuvre du plateau supérieur se fait mécaniquement. Il s'en établit de 3 mètres de longueur et 4 mètres de largeur qui servent à la vulcanisation des courroies caoutchouc et toile.

La *presse à vis et à levier articulé* est moins répandue, quoiqu'elle fournisse un bon travail.

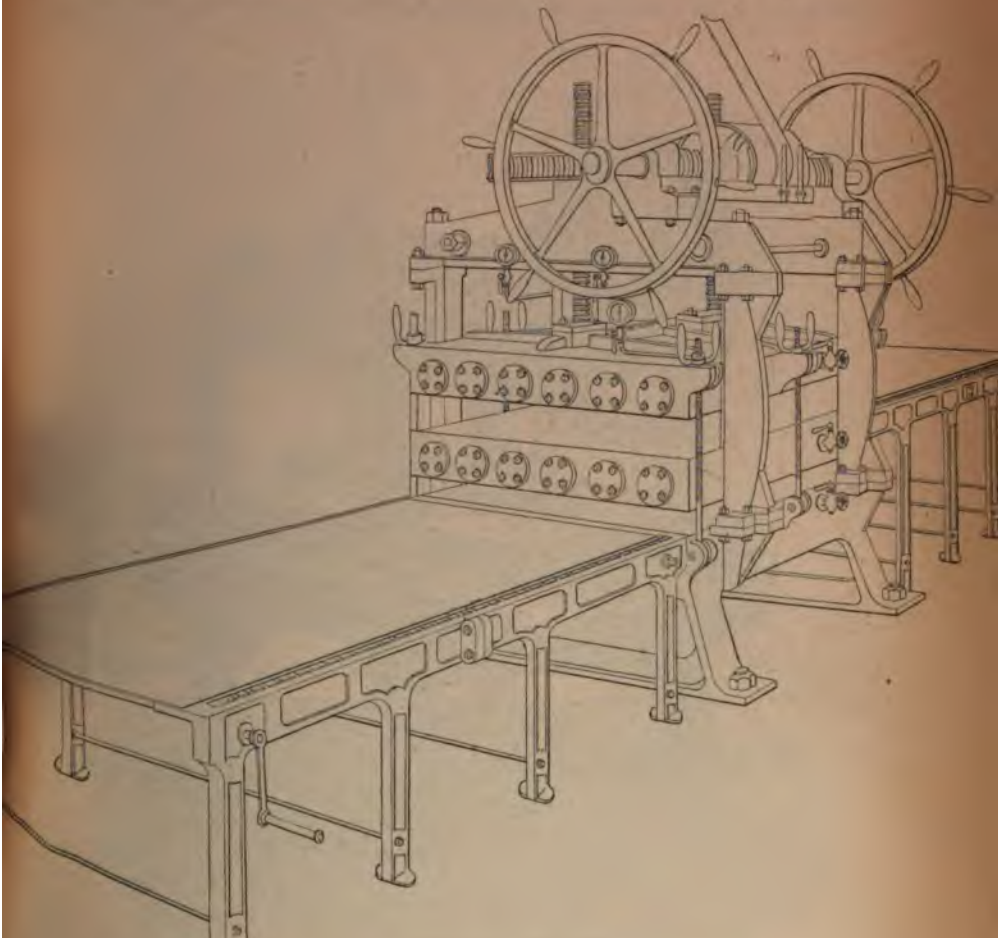


Fig. 46. — Presse à vis à trois plateaux, système renforcé de Mongin.

Cette presse se compose essentiellement d'une vis horizontale et de 4 leviers articulés ; 2 plateaux creux et un bâti approprié complètent cet appareil.

La moitié de la vis horizontale a un filet à gauche, l'autre moitié un filet à droite.

Deux leviers sont articulés d'une part à un 1er écrou qui entoure

la vis, et d'autre part, l'un au plateau mobile, l'autre au chapiteau fixe de la presse.

Les deux autres leviers sont disposés de la même façon par rapport à un second écrou, sur l'autre partie de la vis.

En agissant sur un volant calé sur la vis horizontale, les écrous se rapprochent ou déterminent, par l'intermédiaire des leviers, la descente ou la montée du plateau mobile convenablement guidé.

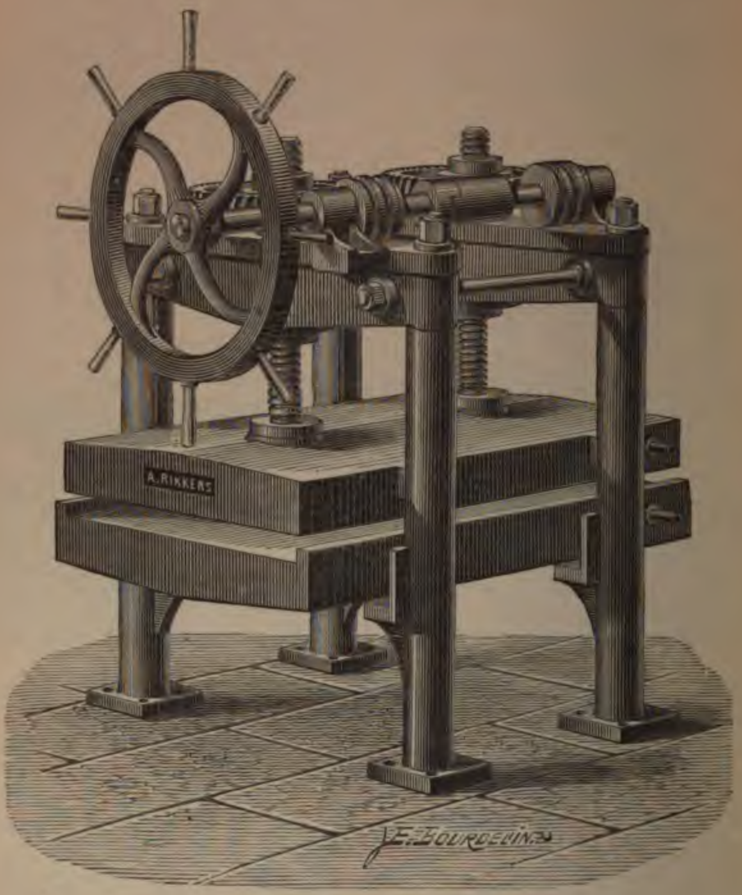


Fig. 47. — Presse à cylindre guide. Système Coster, Rikkers et Cie.

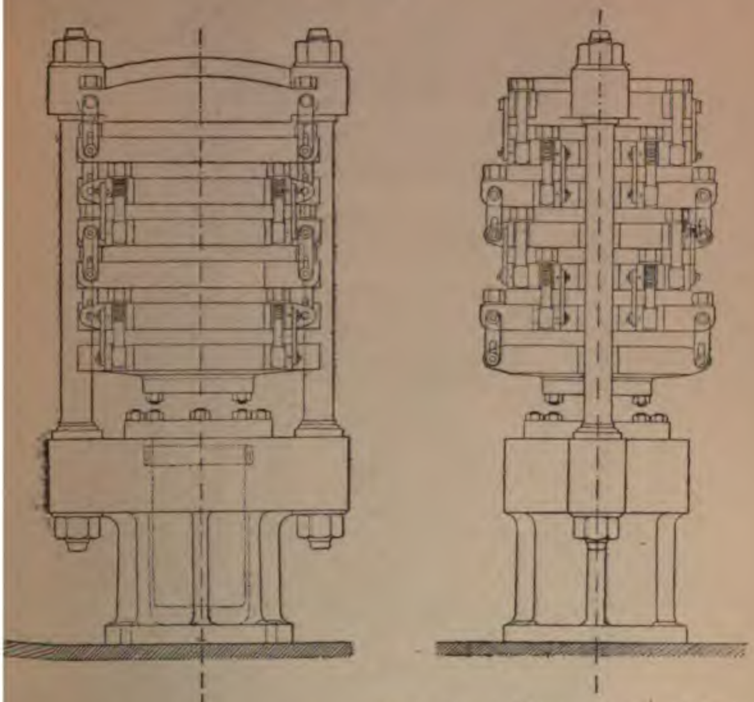
Les plateaux creux sont chauffés à la vapeur, et les objets disposés dans les moulessont pressés entre les plateaux commela presse à vis ordinaire.

Presse à cylindre guide. — MM. de Coster, Rikkers et Cie construisent des presses à cylindreguide qui sont des presses à vis d'un genre particulier.

La vis, manœuvrée par un volant à choc, agit sur le plateau su-rieur venu de fonte avec un corps cylindrique vertical mobile acé à l'intérieur d'un autre cylindre fixe.

Les plateaux restent ainsi bien parallèles et, par suite, le serrage t très régulier.

Presse hydraulique. — Dans les presses hydrauliques le mouve-



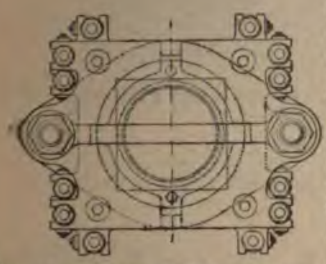


Fig. 48. — Plans de la presse hydraulique à 6 plateaux. Système Mongin.

ment du plateau est obtenu au moyen de la pression de l'eau et par l'intermédiaire d'accumulateurs. Les deux plateaux sont chauffés à la manière ordinaire et opèrent la compression des objets introduits dans les moules. Ces sortes de presses sont surtout employées pour la vulcanisation des courroies. Dans ce cas, les plateaux atteignent souvent 4 à 5 mètres de longueur et 1 mètre à $1^m,25$ de largeur.

Ci-contre le plan d'une presse hy-raulique à six plateaux sortant des ateliers de M. Mongin, à Ar-genteuil.

La figure 49 représente une presse hydraulique à 3 plateaux, ystème de la Birminghan Iron Foundry, les plateaux sont guidés par 4 montants.

Enfin la figure 50 montre une presse hydraulique pour courroies mue par 6 pistons. Ce puissant engin est également construit par la *Birminghan Iron Foundry*.



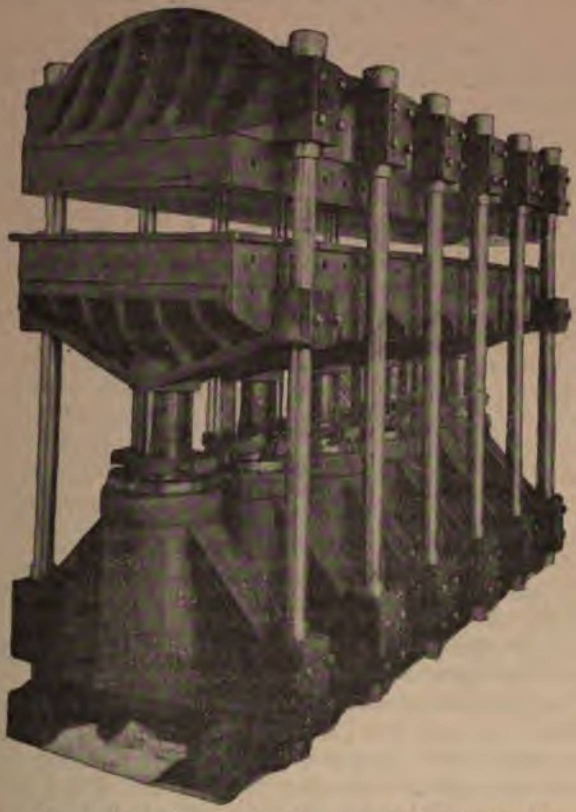
Fig. 49. — Presse hydraulique à 3 plateaux. Système Birminghan Iron Foundry.

Vulcanisation des objets en creux.

Les articles creux, ballons, poupées, etc., sont d'abord assemblés et soudés ; puis on y introduit une petite quantité de liquide volatil sans action sur la matière (eau, ammoniaque, etc.), et on les ferme soigneusement. En cet état on les chauffe et on les vulcanise dans des moules de une ou plusieurs pièces.

Lorsque la chaleur commence à exercer son action, l'eau se convertit en vapeur d'une certaine tension, l'ammoniaque se volatilise et les gaz ainsi engendrés exercent une pression suffisante pour pousser la pellicule de caoutchouc contre les parois du moule qui

rime ainsi jusque dans ses moindres détails sur la feuille de
chouc creuse.
st bien entendu, et nous n'avons pas besoin d'insister sur ce
qu'en dehors de ces appareils chaque usine, pour chacun des
es spéciaux de sa fabrication et suivant les quantités de ces ar-
peut concevoir et construire les appareils appropriés, basés
même principe de vulcanisation. Citons comme exemples les
s creux, les enveloppes pour pneumatiques, etc.



. 50. — Presse hydraulique à 6 pistons pour vulcanisation des courroies.
Système Birminghan Iron Foundry.

ervation des formes initiales du caoutchouc manufacturé pendant la vulcanisation.

servation générale. — On conçoit aisément que pendant la vul-
ation sous quelque forme que ce soit, la masse de caoutchouc
l'influence de la chaleur se ramollisse assez pour gondoler ou
dre les empreintes des supports qui les maintiennent en position,
n n'a eu soin d'assurer la conservation de la forme par un em-

boîtage convenable. Nous avons déjà fait observer que, s'il s'agit de tubes, ils sont vulcanisés sur des mandrins qui leur conservent suffisamment leur forme.

Quant aux bourrelets, bagues et autres articles de ce genre où une forme précise est indispensable, on emboîte dans des moules spéciaux en fer.

Les articles pleins sont placés dans des casiers en tôle garnis de talc, les feuilles d'une certaine épaisseur entablées entre des garnis en tôle, les feuilles minces enroulées sur un tambour avec doubliers en coton.

Soufflures. — Pendant la vulcanisation il se produit souvent un accident aussi difficile à éviter qu'à bien expliquer : nous voulons parler des soufflures qui se forment à la surface des articles techniques ou qui, dans les articles doublés (toile et caoutchouc), arrivent même à produire solution de continuité entre les 2 substances. Le commerce rebute les articles de ce genre, l'expérience ayant appris que là où ces soufflures se produisent il y a toujours une rupture à craindre avec le temps.

On attribue ces bulles soit à l'emploi d'un caoutchouc insuffisamment deshydraté, soit à l'évaporation incomplète du dissolvant dans les articles doublés.

Le travail mécanique préparatoire d'un caoutchouc trop frais, et surtout la compression exercée sur la masse par les outils, réunit l'eau d'interposition en petites vésicules qui, sous l'influence de la chaleur, se convertissent en vapeurs et forment ainsi bulles aux places où elles se trouvaient. Souvent même la matière se trouve ainsi totalement poreuse non seulement à l'extérieur, mais encore à l'intérieur.

On recommande de remédier à cette première cause d'inconvénients par l'addition de 1/2 à 1 °/$_o$ de chaux caustique susceptible d'absorber au mélangeur toute l'eau d'interposition, l'expérience ayant prouvé qu'après cette addition la gomme travaillée ne présente plus que très rarement ce défaut.

Quant à la solution de continuité, on la constate surtout dans les articles doublés obtenus par l'interposition d'une solution de caoutchouc entre des toiles et non pour les articles en feuilles laminées, et c'est le dissolvant (sulf. de carbone, benzine, etc.) qui agit de manière à supprimer l'adhérence. Certains techniciens veulent voir dans cet accident spécial l'intervention de l'acide sulfureux qui prend naissance pendant la vulcanisation. Il n'en est rien, et une addition d'oxyde de plomb au mélange destiné à absorber l'acide sulfureux naissant n'a jamais empêché les soufflures de se produire.

Nous avons déjà appelé l'attention sur l'action des impuretés et du caoutchouc oxydé sur le soufre et il est possible que les gaz engendrés par ces réactions contribuent à la formation de ces soufflures.

Aperçu théorique de la vulcanisation.

Les effets de la vulcanisation sont dus à une cause encore mal définie et mal connue : les réactions chimiques qui paraissent se produire dans ce traitement ont été à peine étudiées, encore moins expliquées d'une manière satisfaisante. Les auteurs des travaux parus dans la littérature spéciale à l'industrie du caoutchouc sont tous plus ou moins indécis sur cette question ; ils décrivent la vulcanisation comme résultant d'une « absorption » de soufre, mais ils négligent de dire ce qu'ils entendent au juste par ce mot. Ils constatent qu'en se vulcanisant, le caoutchouc absorbe environ 2 % de soufre, mais ils ne s'entendent pas sur la nature de cette absorption.

Les uns admettent d'ailleurs que la vulcanisation est le résultat d'une véritable réaction chimique commençant à 120°C. pour finir à 160°C. La vulcanisation proprement dite, c'est-à-dire la transformation du caoutchouc normal en un *caoutchouc souple et élastique à toutes les températures* serait le point de départ de cette réaction, et la production du *caoutchouc durci, l'Ebonite*, le résultat terminal.

Voici comment Payen apprécie le phénomène : « Dès que la réac-
« tion de soufre commence et pendant tout le temps qu'elle s'effec-
« tue, c'est-à-dire de 135° à 145°, il se produit une combinaison de
« soufre avec une faible quantité d'hydrogène de la substance or-
« ganique et par conséquent une formation continuelle d'acide sulf-
« hydrique dont le soufre peut absorber près d'un volume égal au
« sien ; un phénomène curieux résulte de ce fait lorsqu'on agit par
« le procédé au bain : au moment où l'abaissement de la tempéra-
« ture se produit après cette vulcanisation, le soufre, en cristallisant,
« met en liberté une partie de l'hydrogène sulfuré : ce gaz se dégage
« entre les cristaux et soulève la masse demi-fluide. On sait que le
« contraire a lieu, c'est-à-dire qu'il y a contraction manifeste lors du
« refroidissement et de la cristallisation du soufre exempt d'hydro-
« gène sulfuré. »

Le même savant, ayant examiné une lame de caoutchouc vulcanisée au bain, a constaté que le soufre *combiné* avec la gomme y était inégalement réparti en proportions graduellement décroissantes de l'intérieur des pores à l'épaisseur de la matière organique.
« Ainsi, dit-il, peut-on apercevoir sous le microscope des cercles
« concentriques indiquant cette décroissance et extraire tour à tour
« par des dissolvants appropriés, sulfure de carbone, éther, 4 % de
« caoutchouc, 1 à 1,5 % de matière grasse plus du soufre libre. »

L'opinion de Payen, appuyée des arguments ci-dessus développés, n'est pas très concluante. Le dégagement d'hydrogène sulfuré peut provenir d'une faible quantité de gomme altérée par l'opération d'une immersion brusque dans le soufre à la température élevée de sa fusion. S'il en était autrement, le dégagement ne cesserait même pas après que l'objet vulcanisé au trempé aurait été lavé suffisamment avec une solution alcaline, ce qui n'est pas le cas.

La dernière observation de Payen est d'ailleurs en contradiction avec la première et indiquerait tout au moins que la combinaison chimique, si elle existe, n'est que partielle, puisque le soufre *combiné* est inégalement réparti en proportions décroissantes de l'intérieur des pores à l'épaisseur de la matière organique.

Pour des raisons différentes et d'une manière beaucoup moins affirmative, *Heinzerling* croit aussi à la combinaison chimique réelle. « On ne sait encore au juste si le soufre en s'unissant chimiquement avec le caoutchouc constitue une simple juxtaposition d'un « produit additionnel ou s'il se substitue partiellement à l'hydrogène. « *Que l'union du soufre avec le caoutchouc constitue réellement* « *une combinaison chimique, c'est ce qui semble résulter indubita-* « *blement de ce fait que le caoutchouc et le soufre, solubles tout* « *deux dans le sulfure de carbone, avant d'être exposés la chaleur y sont absolument insolubles après.* » La raison semble péremptoire et cependant, si on y réfléchit on constate que les sulfures métalliques, sulfure d'antimoine sont partout un excellent moyen de vulcanisation, mais ne sont aucunement solubles dans le sulfure de carbone. Il est de même du sulfure de mercure et de plomb. On n'ignore pas, d'ailleurs que deux métaux peuvent avoir isolément certaines propriétés qui disparaissent complètement lorsqu'ils sont unis non pas par un simple mélange, mais par l'intervention de la chaleur par l'alliage, qui le plus souvent lui donnera des propriétés diamétralement opposées.

Unger partage jusqu'à un certain point l'opinion dubitative de Heinzerling, mais ses raisons ne sont pas les mêmes. « Nous ne connaissons pas, dit-il, la nature de la combinaison organique sul- « furée qui se forme par la vulcanisation ; *il serait possible* que « l'endroit blanc formé à la surface des gros blocs de caoutchouc et « qui apparait sous le microscope en petits cristaux brillants se « composât de soufre et d'hydrocarbure et soit cette combinaison « qui, répandue dans la masse, lui communique les caractères du « caoutchouc vulcanisé. » Il est prouvé aujourd'hui que cette efflorescence n'est autre que le soufre cristallisé en excès dans la matière vulcanisée et que la contraction des globulites refroidis repouss jusqu'à la surface du caoutchouc.

Certains auteurs veulent expliquer les effets de la vulcanisati par la théorie de la juxtaposition, par l'action de présence. Ce théorie est simple, aisée à formuler ; mais elle ne prouve ab lument rien et se trouve en contradiction flagrante avec les fai L'action de présence peut au besoin justifier la plus grande so plesse, la plus haute dose d'élasticité du caoutchouc ; mais co ment alors expliquer l'insolubilité absolue du caoutchouc réelleme vulcanisé dans le sulfure de carbone ? Comment justifier une pl grande somme de résistance aux agents chimiques ? Comment i terpréter la transformation du caoutchouc vulcanisé en éboni par une élévation de température, un prolongement de durée une augmentation de soufre ? Comment enfin dans la vulcanisation au trempé peut-il y avoir dégagement d'acide chlorhydriqu d'après cette théorie ?

Il existe, enfin, un certain nombre de chimistes, Donath entre autres, qui considèrent la vulcanisation, non comme un phénomène d'ordre purement chimique se traduisant par une combinaison en proportions définies,mais la formation de combinaisons moléculaires en proportions indéfinies ainsi qu'on suppose que se passent les choses pour certaines séries d'alliage.

Ils objectent contre la formation d'une combinaison en proportions définies que la vulcanisation se produit aussi bien avec le sulfure métallique qu'avec le soufre libre. Comment alors admettre que les sulfures d'antimoine,ou de mercure et de plomb,etc.abandonnent tout partie de leur soufre à quelque composé complexe du caoutchouc ?

Nous savons que le caoutchouc non vulcanisé durcit à des températures moyennement basses, tandis qu'il s'amollit et perd son élasticité lorsqu'on le chauffe de 50 à 60° et que sa résistance est d'ailleurs faible aux réactifs. Le caoutchouc vulcanisé au contraire garde son élasticité à froid comme à chaud, résiste mieux aux agents chimiques et se comporte tout différemment à l'égard des dissolvants et des réactifs. Ces caractères rappellent ceux des alliages dont la manière d'être est si souvent dissemblable à celle des composants, lors même que l'un d'eux n'y existe qu'en proportions relativement minimes.

Ces auteurs considèrent donc le caoutchouc vulcanisé comme une sorte d'alliage de la substance organique du caoutchouc avec le soufre ou avec un sulfure, ou encore avec le chlorure, bromure et iodure de soufre. Cet état n'est pas la combinaison proprement dite d'où résulterait la formation d'une individualité chimique bien caractérisée ; elle diffère cependant beaucoup d'une simple dissolution ou d'un mélange mécanique. Aucune de ces trois explications du phénomène de la vulcanisation ne satisfait si on les prend chacune isolément et leur réunion en un seul faisceau bien coordonné serait tout au plus susceptible de donner une théorie à peu près plausible du phénomène qui nous occupe.

Selon nous, la vulcanisation n'est pas la même, soit qu'on emploie comme corps vulcanisé le soufre libre, ou bien le chlorure de soufre, ou encore et surtout les sulfures métalliques.

Vulcanisation par le soufre libre. — Avant de formuler une théorie quelconque sur ce procédé, nous croyons devoir rappeler quelques propriétés du caoutchouc normal qui doivent constamment fixer l'attention de celui qui veut se rendre compte du phénomène de la vulcanisation. Jusqu'à présent dans l'étude de cette question l'on s'est préoccupé surtout de l'action du soufre et de ses dérivés sur le caoutchouc normal, mais on n'a pas tenu suffisamment compte dans ce phénomène de l'action de la chaleur à différents degrés d'intensité sur le caoutchouc normal, ni du mode d'action des corps vulcaniseurs *à ces diverses températures* en présence de la gomme. Nous croyons donc qu'avant tout il est indispensable de rappeler : 1° que le caoutchouc normal est poreux dans une certaine mesure ; 2° qu'il est dilatable par la chaleur ; 3° qu'il peut absorber par capillarité les corps liquides et gazeux mis en présence

et cela d'autant plus énergiquement qu'il est lui-même plus dilaté par la chaleur ; 4° que ce que nous appelons caoutchouc n'est pas un hydrocarbure fixe et déterminé, mais un mélange d'au moins deux d'hydrocarbures polymères à équivalents élevés dérivant d'un carbure fondamental C^5H^8 et dont l'un possède au plus haut degré la nervosité, l'autre l'adhésivité ; 5° que sous l'influence de la chaleur le caoutchouc normal commence à devenir visqueux vers + 145°, et à perdre son élasticité et que ce n'est qu'après un refroidissement prolongé que cette élasticité exclusive de l'hydrocarbure nerveux reprend *partiellement* une partie de son pouvoir : la gomme normale, dès qu'elle a été chauffée une seule fois à la température de 145° sera irrévocablement énervée en partie. Ceci posé, voici comment nous comprenons les phénomènes complexes qui constituent la vulcanisation au soufre libre (méthode Goodyear) : l'hydrocarbure nerveux et l'hydrocarbure adhésif se trouvent intimement mélangés au corps vulcaniseur, le soufre, par l'opération préalable du malaxage au moment où intervient la chaleur. Jusqu'à 118 à 120° il n'y a pas, de réaction mais simple juxtaposition. A partir de ce moment le soufre modifie son état : il entre en fusion en même temps que les pores du caoutchouc sont suffisamment dilatées pour permettre l'absorption graduelle du corps vulcaniseur liquéfié, le soufre. Mais en même temps commence la réaction chimique : le soufre liquide s'allie à l'hydrocarbure adhésif et forme avec lui un nouveau corps chimique ou plutôt un alliage. Cette action se continue naturellement si l'action se prolonge à la même température pour pénétrer de plus en plus dans la masse.

La pénétration totale une fois atteinte, arrêtons l'opération (un bon *cuiseur* sait parfaitement saisir le moment propice à cet effet). La vulcanisation sera faite ou plutôt la sulfuration de la matière adhésive sera complète. Mais la matière nerveuse n'aura pas été atteinte.

Si nous continuons, au contraire, à élever la température pour arriver jusqu'à + 145°, l'hydrocarbure nerveux perdra sa structure propre, pour se confondre avec la partie vulcanisée et une autre réaction interviendra entre les deux corps : ce sera la sulfuration complète d'où résultera le caoutchouc durci ou ébonite.

De ce qui précède nous croyons que *le phénomène qu'on comprend actuellement sous le nom de vulcanisation n'est que la première étape d'une série de transformations subies par les hydrocarbures constituant la gomme élastique sous l'influence de températures déterminées et en présence du soufre en excès, et que la réaction réellement terminale de ces transformations, aboutit au caoutchouc durci ou ébonite, qu'il faudrait alors considérer, pour entrer dans les vues de Carl Otto Weber, comme une soudure de un ou plusieurs doubles-atomes de polyprène (peut-être) par l'intermédiaire d'un ou plusieurs atomes de soufre.*

Pour nous, *la vulcanisation n'est en définitive que le résultat d'un tour de main habile pratiqué par les industriels et les observateurs pour arrêter à un moment opportun une réaction chimique qui commence et dont la terminaison réelle n'engendrerait en aucune manière le produit qu'on se propose d'obtenir.*

Nous ne voulons citer comme preuve de ce que nous avançons que ce fait bien caractéristique : un caoutchouc auquel on a incorporé d'une manière ou d'une autre un excès de soufre, et qui reste souple immédiatement après que le cuiseur a jugé son opération arrivée à point, peut devenir dur et cassant quelque temps après. La réaction n'a pas été arrêtée suffisamment, soit par l'élimination de l'excès du soufre, soit par la disparition assez rapide du calorique intervenant et retenu dans l'intérieur de la masse. Au contraire, un caoutchouc reconnu imparfaitement cuit au sortir de l'appareil à vulcaniser arrive quelquefois à point au bout de quelque temps, pourvu qu'il y ait assez de soufre et que l'on ait maintenu l'objet travaillé dans un milieu ambiant suffisamment chaud. La réaction arrêtée trop tôt peut d'ailleurs être reprise et menée à point par une nouvelle cuisson.

Un autre argument en faveur de notre thèse nous est fourni par les expériences de laboratoire, classiques en l'espèce, de Payen.

« L'éther et le sulfure de carbone, maintenus longtemps en « contact avec le caoutchouc vulcanisé, retiennent en dissolution « 4 à 5 centièmes de caoutchouc, qu'on peut isoler en évaporant à « plusieurs reprises et reprenant chaque fois par l'éther, qui élimine le soufre libre, puis l'alcool anhydre qui enlève 1 à 1,50 % « de matière grasse (?).

« Le caoutchouc ainsi extrait peut être séparé en deux parties : l'une « très ductile, dissoute par la benzine, qui la dépose en s'évaporant ; « l'autre plus tenace, moins extensible, non dissoute. Ces deux par- « ties viennent de l'intérieur de la masse à une certaine profondeur « où la combinaison est moins intime et moins abondante en soufre « que près de la superficie.

« Après sa vulcanisation le caoutchouc est encore formé de deux « parties douées de cohésion et de solubilité inégales. On parvient à « le reconnaître en maintenant une lanière vulcanisée, plongée « pendant deux mois dans un mélange de 10 sulfure de carbone et « 1 d'alcool absolu. La portion dissoute se compose du soufre in- « terposé, qu'on enlève, après dessiccation, par une solution de soude « caustique ; il reste alors la substance organique la moins agrégée « (notre hydrocarbure adhésif transformé par la sulfuration) peu « résistante, jaunâtre, translucide. La partie non dissoute reste sous « la forme de lanière tenace, devenue plus brune et moins trans- « parente (notre hydrocarbure nerveux non encore suffisamment « atteint par le voisinage de la partie adhésive transformée). « Voici « les proportions obtenues dans l'essai outre la substance grasse :

Partie insoluble tenace.	65 %
Partie soluble molle.	25 %
Soufre en excès.	10 %

Ce que Payen entend par substance grasse n'est pour nous autre chose qu'un peu de caoutchouc oxydé (gluant) qui accompagne toujours la matière gommeuse.

Une pratique purement industrielle, celle de la production du

durci intermédiaire plus souple que le durci, moins souple que caoutchouc vulcanisé proprement dit et dont nous parlerons ult rieurement, apporte son contingent de preuves à l'appui de not théorie.

Le cadre nécessairement limité de notre travail ne nous perm pas d'entrer dans une discussion plus approfondie de cette théor Nous nous proposons d'y revenir dans un travail spécial. En atte dant, nous provoquons par le simple exposé de notre théorie l contradictions qu'elle pourra faire naitre. Ce n'est que de la discussi que jaillira la lumière, qui pourra enfin élucider une question si d licate et ne pourra que donner d'heureux résultats au point de v de notre industrie.

Vulcanisation par les sulfures et principalement par les sulfur métalliques. — Au point de vue où nous nous sommes placés, l sulfures, surtout les sulfures métalliques, n'entrent pas en fusion moment où la gomme se dilate suffisamment pour permettre u absorption rapide par les pores ; nous considérons leur acti comme la résultante d'un véritable alliage déterminant les mêm effets que la vulcanisation proprement dite, avec cette différen qu'une réaction chimique réelle n'ayant pas lieu, il n'y a pas tran formation en ébonite à 145°.

Vulcanisation par le chlorure de soufre. — Quant à la vulcan sation à froid par le chlorure, le bromure et l'iodure de soufre, c matières sont naturellement liquides et peuvent plus aisément p nétrer dans les pores du caoutchouc que vient d'ailleurs amoll encore le sulfure de carbone ou tout autre dissolvant dans lequel *chlorure* se trouve en suspension. L'altérabilité du produit, en pr sence de matières organiques avides de corps halogènes, engend du soufre à l'état naissant. Le dissolvant remplace en partie chaleur et facilite la réaction, qui d'ailleurs se limite à la premiè partie de la transformation. Elle ne devient complète que par l'i tervention de chaleur effective (1), et peut arriver alors à la ré tion terminale, la production de l'ébonite, pourvu que la quant du corps vulcaniseur soit suffisante.

Depuis la rédaction de cette partie de notre travail, le *Journal la Société chimique industrielle* de Londres a publié un long tr vail de Carl Otto Weber sur la vulcanisation du caoutchouc et pri cipalement sur la vulcanisation par le chlorure de soufre.

Le *Moniteur scientifique de Quesneville* publie ce mémoire in e tenso (N° 632, août 1894, page 604). Ne pouvant entrer dans l'ex men de cette importante étude, véritable chef-d'œuvre scientifiq et qu'il convient de citer comme modèle du genre à cause de so développement purement théorique, nous en donnerons simpleme les conclusions, renvoyant au mémoire précité ceux de nos lecteu désireux d'étudier à fond la question.

« Les résultats de cette étude peuvent se résumer de la maniè « suivante : 1° La réaction du chlore de soufre sur le polyprè

(1) Voir à ce sujet les études de Fawstitt, *Moniteur scientifique de Quesn ville* 1890 p. 1851 et mai 1893).

« est analogue à celle du chlorure de soufre sur les hydrocarbures « non saturés de la série éthylénique ; elle a pour résultat de sou- « der deux molécules de polyprène par l'intermédiaire d'un « ou de plusieurs double-atomes de soufre, en résolvant dans la « molécule du polyprène, un nombre de liaisons éthyléniques « correspondant au nombre de molécules de chlorure de soufre en- « trées en réaction ;

« 2° Il existe au moins dix chloro-sulfures de polyprène, consti- « tués par l'union de deux molécules de polyprène, au moyen d'un et « jusqu'à dix double-atomes de soufre.

« 3° La vulcanisation de chlorure de soufre repose sur la forma- « tion de ces chloro-sulfures de polyprène. L'état de vulcanisation « est dû aux double-atomes de soufre (unique ou multiples) qui « unissent deux molécules de polyprène. Le chlore qui se fixe en « même temps dans la substance n'a pas d'influence sensible sur « cet état de vulcanisation, bien qu'il ait contribué à le créer, en « ce sens qu'il est l'agent de l'activité chimique du soufre dans le « chlorure de soufre.

« 4° La méthode actuelle de vulcanisation du caoutchouc au « moyen du chlorure du soufre est très irrationnelle, car elle ne « peut conduire à une vulcanisation homogène du caoutchouc. Un « procédé au chlorure de soufre permettant cette vulcanisation ho- « mogène, aurait un intérêt pratique incalculable. »

CHAPITRE IX

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU CAOUTCHOUC VULCANISÉ

Considérations générales.

Il n'est pas possible, du moins en l'état actuel de nos connaissances, d'opérer ici sur une matière chimiquement pure. Nos études précédentes nous ont conduit à considérer la vulcanisation comme une réaction inachevée, presque toujours en présence d'un excès de corps vulcaniseur. Il est donc difficile de déterminer la densité et la composition élémentaire de ce produit, ainsi que sa couleur, son odeur et sa saveur. Nous ne pourrons donc suivre dans cette étude la même marche que celle suivie par nous dans l'examen du latex et du caoutchouc aussi pur que possible, et nous serons forcés dans l'examen que nous allons entreprendre de ne procéder dans la plupart des cas que par comparaison avec la gomme normale et en signalant chaque fois les propriétés qui constituent réellement le corps transformé par rapport avec le corps naturel.

Il est évident que, d'après la théorie que nous avons formulée dans le chapitre précédent sur la transformation de la gomme en caoutchouc vulcanisé, ce dernier doit différer essentiellement dans beaucoup de ses propriétés tant physiques que chimiques. Beaucoup de ces propriétés n'ont pas une importance bien considérable, soit au point de vue scientifique, soit au point de vue technique ; nous n'y insisterons donc pas, réservant toute notre attention à celles des propriétés qui font l'essence de la matière industrielle nouvelle susceptible d'emplois auxquels la gomme dans son état naturel n'eût jamais pu être appropriée.

Composition élémentaire.

De notre théorie sur le phénomène de la vulcanisation découle cette conclusion toute naturelle qu'il est de toute impossibilité de donner une composition élémentaire tant soit peu exacte, ni d'attribuer une formule quelconque au caoutchouc vulcanisé. Les auteurs qui ont traité de la matière et qui lui ont donné une composition chimique déterminée ont cependant négligé de la formuler, et ils semblent ainsi nous donner pleine et entière raison. On ne formule

une réaction ininterrompue à un moment ou à un autre, selon
circonstances : nous préférons nous en tenir à nos conclusions et
uer notre impuissance à cet égard.

Densité.

e caoutchouc normal, tel que nous l'avons établi, a une densité
),925. Vulcanisé, il pèse rarement moins que l'eau et va souvent
qu'à 1,20, et même 1,30. Mais il est évident que ce maximum
t atteint que par une charge excessive en matières inertes, au
it de vue que nous sommes placés, et qu'en cet état les pro-
étés élastiques du produit doivent être gravement compromises.
bon caoutchouc vulcanisé devra toujours avoir une densité in-
eure à l'unité, et ce fait pourra nous servir de point de départ
r établir un mode d'essai des caoutchoucs vulcanisés au point
ue de leur pureté.
ne remarque faite par Thomas (*Monde* 1869) à ce sujet est
tive à la dilatabilité du caoutchouc, qui est assez grande pour
on doive tenir compte de la température à laquelle on constate
ensité.
u'on prenne un échantillon de cette substance légèrement plus
e que l'eau froide ou lesté à l'aide d'un petit morceau de métal
est plus léger, et qu'ensuite on chauffe le tout, on verra bientôt,
gré la dilatation de l'eau, le caoutchouc s'élever à la surface.
'après les études de Puschl et de Schmilewitsch, le *caoutchouc
anisé est un corps dont la densité acquiert un minimum à une
pérature déterminée.*
*a température afférente à ce minimum change avec l'effort mé-
que exercé sur le caoutchouc et est d'autant plus élevé que
ort est plus considérable.*
*n prenant un caoutchouc non sollicité par un effort mécanique,
empérature du minimum de densité est toujours plus élevée que
empérature ordinaire et s'en rapproche par une addition de
rique : son coefficient de dilatation est positif, mais diminuera
ur et à mesure de l'augmentation de calorique. En prenant au
raire un caoutchouc fortement sollicité par un effort de trac-
, la température du minimum de densité est plus basse que la
pérature ordinaire. Son coefficient de dilatation est donc déjà
ati/ et diminuera numériquement avec la température.*
imes Symen donne le tableau suivant du poids spécifique de
rses espèces de caoutchouc.

Caoutchouc brut d'importation.	0,922	
— régénéré	0,882	
— régénéré et comprimé.	0,935	
— mélange au soufre	0,990	diminution 0,004.
— non vulcanisé.	0,986	
Caoutchouc brut d'importation.	0,920	
— régénéré	0,872	

[illegible] aussi les essais de Symen pour [illegible] caoutchouc vulcanisé par le sou[illegible] caoutchouc additionné d'autres subs[illegible]

[illegible] non vulcanisé	1,024	diminue de 0,011.
[illegible]	1,013	
[illegible] non vulcanisé	1,160	augmente de 0,020.
[illegible]	1,180	
[illegible]	1,145	augmente de 0,018.
[illegible]	1,163	
[illegible]	1,489	augmente de 0,031.
[illegible]	1,520	
[illegible]	1,451	augmente de 0,009.
[illegible]	1,460	

Le poids spécifique du Para caoutchouc vulcanisé diminue, so[illegible] d'autres espèces, surtout celles qui sont forte[illegible] un poids spécifique plus considérable, tandi[illegible] diminue. Il est indispensable de se rappeler cett[illegible] lorsqu'il s'agit de la vulcanisation au moule.

Couleur.

Nous négligerons de parler de la *couleur* du vulcanisé, quoique cette propriété soit sensiblement modifiée après la transformation. Mais cela importe peu, et il n'y a pas lieu de s'en préoccuper outre mesure. Si l'industrie a besoin d'une nuance de caoutchouc vulcanisé de préférence à telle autre, elle sait bien trouver le procédé approprié aux exigences du moment.

Odeur.

Il n'en est pas de même de l'*odeur*. Le caoutchouc vulcanisé possède une odeur *sui generis* peu appréciable pour un objet isolé de faibles dimensions à la température ordinaire, mais qui se décèle bien vite si cette température est portée de + 35° à 40°; même à la température ordinaire, cette odeur se perçoit immédiatement si l'on entre dans une pièce où se trouvent des objets de cette nature. Elle provient non seulement d'un peu d'hydrogène sulfuré qui se dégage et dont nous avons expliqué la présence dans le chapitre précédent, mais encore du caoutchouc vulcanisé lui-même. Le dégagement d'hydrogène sulfuré est en grande partie évité par le traitement des objets vulcanisés par les solutions alcalines. Quant à la désinfection du produit vulcanisé lui-même, beaucoup de moyens ont été pro-

posés, mais jusqu'ici aucun n'a eu un succès pratique réel à cause de la tendance que possède la gomme d'absorber et de retenir les corps gazeux odorants. Bourne a bien imaginé un procédé de désinfection complète du caoutchouc vulcanisé, procédé basé sur l'affinité si puissante que possède le charbon en général et spécialement le charbon d'os pour toute espèce d'odeurs et son pouvoir absorbant pour tous les corps gazeux. Il recouvre les articles de charbon finement pulvérisé et les laisse ainsi séjourner pendant 3 à 6 heures à une température de + 40 à 50°. Après quoi on les enlève n'ayant éprouvé d'autre changement que celui d'avoir été débarrassés de leur odeur et d'être incapables de communiquer une saveur quelconque aux liquides et autres substances avec lesquelles on pourrait les mettre en contact. Moyennant quelques précautions, on peut traiter ainsi les tissus les plus délicats sans altérer leur substance et leur aspect. Malheureusement, les principes odorants n'ont été absorbés que partiellement, le charbon n'agissant que par contact, c'est-à-dire superficiellement, et au bout de quelque temps l'odeur reparaît.

Dans certaines fabrications, au lieu de chercher à vaincre la difficulté on a essayé de la tourner et on a employé comme palliatif une essence odorante quelconque. Mais chacun connaît la volatibilité des essences et le mal masqué momentanément reparaît bientôt. D'ailleurs, il serait difficile de contenter de cette manière le goût de chaque acheteur.

Conductibilité de la chaleur et de l'électricité.

Il n'est pas nécessaire de donner de longues explications pour faire comprendre pourquoi le caoutchouc vulcanisé est encore plus mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité que le caoutchouc normal, et que cette propriété ne tend qu'à augmenter au fur et à mesure que la transformation sera plus complète.

Le soufre, comme le caoutchouc est mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité ; il n'est donc pas étonnant que les deux réunis soit par juxta-position, soit par alliage, soit par combinaison chimique totalisent la somme de ces propriétés pour faire du caoutchouc vulcanisé un des corps résistant le plus énergiquement à la transmission de ces fluides.

Perméabilité. Puissance de dialyse.

La porosité du caoutchouc vulcanisé est moindre que celle de la gomme naturelle. Nous avons déjà eu l'occasion de citer les expériences de Payen qui font ressortir cette particularité. Des échantillons de gomme normale, de gomme vulcanisée et enfin de gomme

sulfurée totalement ont été tenus pendant deux mois immergés dans l'eau : le premier avait absordé 0,20 à 0,26 d'eau, le second 0, 042 et le troisième 0,064, c'est-à-dire que le caoutchouc naturel peut absorber cinq fois plus d'eau que le vulcanisé, et celui-ci un tiers de moins que celui dont on a éliminé le soufre libre qui obstruait les pores.

En répétant ces expériences sur des ballons de 2 mm. d'épaisseur, remplis d'eau sous une pression assez forte pour doubler leur diamètre et en les maintenant à la température de $+16°$, Payen constata une perte par suintement ; cette perte était par 24 heures et par mètre carré de surface : pour la gomme normale 23 grammes contre 4 pour le vulcanisé.

Mais en répétant la même expérience sur l'air en place de l'eau, l'auteur n'eut à constater qu'une diminution peu sensible après huit jours d'observations.

Ce qui nous conduirait à formuler que le caoutchouc vulcanisé est moins perméable aux liquides sans action dissolvante sur lui que le caoutchouc normal, mais que la perméabilité aux gaz reste la même.

Mais cette formule serait en contradiction flagrante avec les curieuses observations de Julkowski sur la puissance dialysante du caoutchouc vulcanisé vis-à-vis des gaz, et principalement du gaz d'éclairage.

Les expériences mentionnées par ce chimiste démontrent que le caoutchouc vulcanisé enlève au gaz d'éclairage une partie de son pouvoir éclairant par l'absorption d'hydrocarbures d'une densité élevée. S'appuyant sur les données de Knapp, qui, dans son traité de chimie technologique, signale que des rondelles de caoutchouc vulcanisé employées pour relier les tuyaux de conduite avaient notablement augmenté de poids et paraissaient gonflées ; il démontre qu'un gaz d'éclairage d'un pouvoir éclairant de 11,2 à 13,2 bougies a été réduit à 7,5 et 10,7 bougies par un simple passage dans un tube de caoutchouc de 4 mètres 26 de long. Il signale aussi ce fait que du caoutchouc vulcanisé mis en contact avec du gaz d'éclairage pendant 51 heures, avait absorbé 8,64 % de son poids d'hydrocarbure qu'il abandonnait d'ailleurs rapidement sous la machine pneumatique et plus lentement à l'air libre. L'éthylène pur et les vapeurs de benzol s'emparent également des hydrocarbures absorbés par le caoutchouc. Julkowski conclut de son travail que l'emploi des tubes de caoutchouc donne toujours lieu à une diminution, peu importante il est vrai, du pouvoir éclairant du gaz d'éclairage, perte dont il importe de tenir compte dans un essai photométrique.

Walther Hempel, dans le but de déterminer l'influence des joints en caoutchouc vulcanisé dans l'analyse des gaz, soumit aux mêmes essais l'acide carbonique et le protoxyde d'azote et il constata que le caoutchouc se comportait absolument comme un dissolvant liquide.

Il mit dans un ballon jaugé des fragments de caoutchouc vulcanisé en présence des gaz mentionnés jusqu'à ce que la jauge indiqua

qu'il y avait absorption, puis il remplaça le gaz non absorbé par de l'air.

Il put ainsi constater que des fragments très faibles d'un tube de caoutchouc de 3 cm. de long et de 4 à 5 mm. de diamètre extérieur, avaient absorbé environ 2 mm. cube d'acide carbonique et 3 mm. cube de protoxyde d'azote et que ces fragments placés ensuite dans un volume d'air atmosphérique déterminé lui avaient complètement abandonné cette même quantité de gaz.

Si ces essais prouvent que dans une analyse de grande précision il faut proscrire absolument l'usage de joints en caoutchouc, ils montrent également que le pouvoir absorbant du caoutchouc vulcanisé n'est pas tellement considérable qu'il faille nécessairement en tenir compte dans les essais où une précision absolue n'est pas de rigueur, d'autant plus que les gaz passent généralement dans des tubes en verre et que le caoutchouc ne sert qu'à les relier entre eux.

Elasticité, Compressibilité, Dilatabilité, contractilité, extensibilité.

Ces propriétés intéressent au plus haut degré l'industrie en général, et plus particulièrement celle des chemins de fer, des courroies de transmission, etc. C'est aussi ces propriétés que la vulcanisation a su modifier plus spécialement au grand avantage des qualités de la matière première.

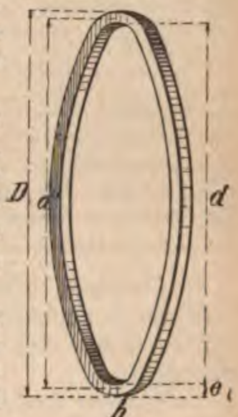


Fig. 51. — Rondelle en caoutchouc ayant servi aux expériences sur l'allongement de Stévart.

M. A. Stévart, chargé des cours d'exploitation des chemins de fer à l'école des mines de Liège, a fait des recherches expérimentales sur cette substance surtout au point de vue de l'élasticité et notamment de la manière dont cette matière se comporte lorsqu'on la soumet à la traction et à la compression.

Toutes ses expériences ont été faites sur une seule et même espèce de matière. C'est un produit résultant de la vulcanisation, par un procédé spécial, du Para Caoutchouc. La densité est comprise entre 1.060 à 1.065 et l'auteur le considère comme un des meilleurs types de caoutchouc employés à des usages industriels. M. Stévart a conservé la plupart des pièces qui ont servi à ses essais et un certain nombre d'entre elles semblent n'avoir rien perdu de leurs propriétés élastiques après dix-huit ans révolus. D'autres au contraire ont subi ces altérations profondes qui rendent souvent le caoutchouc vulcanisé absolument impropre à servir pendant longtemps à ses usages habituels. Ils sont devenus durs, cassants et presque semblables à de la cire à cacheter.

Parallèlement aux expériences de Stévart, Emilio Villari, professeur à Bologne, entreprit à la même époque des recherches similaires. Les résultats, bien qu'absolument indépendants, concordent et se complètent sur plusieurs points.

Nous croyons rendre service en citant tantôt textuellement et tantôt en résumant le travail de Stévart : nous serons peut-être longs, mais l'intérêt du sujet en vaut la peine.

Expériences sur l'allongement. — Ces expériences ont porté sur 7 échantillons, ayant la forme de rondelles ou d'anneaux à sections rectangulaires bien uniformes et d'un assez grand diamètre, relativement aux dimensions transversales.

Le tableau ci-contre réunit les divers éléments qui constituent en quelque sorte les données de la question et qui ont été soigneusement déterminés avant de soumettre les pièces aux essais.

TABLEAU A

Dimensions et poids des rondelles soumises aux essais (1)

	A	B	C	D	E	F	G
D, Diamètre extérieur. . .	118,2	107,2	108,8	108,8	106,1	106.1	108,7
e, Largeur	9,2	5,2	5,8	6,0	4,8	5,0	5,5
d', Diamètre moyen. . .	109,0	102,0	103,0	102,8	101,3	101,1	103,2
c, Circonférence moyenne .	342	320	324	323	318	318	324
Poids en grammes	36,95	18,75	11,40	11,17	9,48	8,59	18,81
Densité	1,060	1,060	1,065	1,065	1,061	1,061	1,050
V. Volume.	34,858	17,689	10,704	10,488	8,935	8,111	17,745
S. Section $= \frac{v}{c}$	101,92	55,28	33,04	32,57	26,53	25,51	50,77
h, Hauteur $= \frac{s}{e}$	11,1	14,6	5,7	5,4	5,5	5,1	10,0
h, Hauteur observée . . .	10,9	10,4	5,5	5,4	5,3	5,0	10,2

(1) Dans tout ce qui suivra, nous prendrons comme unités le kilogramme et le millimètre, à moins que l'unité ne soit indiquée expressément.

Le diamètre extérieur D est calculé d'après la valeur de la circonférence extérieure mesurée directement ; c'est le seul procédé qui ait donné des résultats uniformes pour plusieurs mesurages successifs.

La largeur e, différence entre le rayon extérieur et intérieur a été mesurée directement au compas d'épaisseur donnant le dixième de millimètre.

Le diamètre moyen d' se déduit des deux valeurs précédentes : d' = D — e.

La circonférence moyenne C se calcule au moyen de d'.

La densité a été prise chaque fois sur l'échantillon tout entier pesé successivement dans l'air et dans l'eau.

Le volume est déduit de la perte du poids dans l'eau.

La section méridienne S est obtenue avec une exactitude beaucoup plus grande que par la mesure directe, en divisant le volume par la circonférence moyenne.

Enfin, comme vérification on a mis en regard la hauteur h cal-lée en divisant la section par l'épaisseur et la hauteur h observée.

Pendant toute la durée des expériences la température a varié 14 à 16° C.

Le tableau (B) donne les résultats des essais faits sur les 6 ron-lles A, B, C, D, E, F. A première vue on fait au sujet de ces iffres une remarque importante, c'est que les accroissements de ngueur pour des additions successives de poids égaux, vont en randissant jusqu'à un certain point, puis diminuent graduellement isqu'à la fin de l'expérience.

TABLEAU B

Longueurs de bandes de diverses sections sous des poids variables

Charge en kilogrammes	A		B		C		D		E		F		Observations
	Longueurs	Allongements	Longueurs	Allongements	Longueurs	Allongements	Longueurs	Allongements	Longueurs	Allongements	Longueurs	Allongements	
0	120	»	120	»	120	»	120	»	120	»	120	»	
0,5	»	»	125	5	130	10	130	10	133	13	134	14	
1	127	7	134	9	145	15	146	16	152	19	158	24	
1,5	130	3	143	9	165	20	164	18	181	29	193	35	
2	134	4	153	10	190	25	190	26	216	35	236	43	
2,5	139	5	167	14	221	31	219	29	258	42(3)	280	44(3)	
3	145	6	182	15	252	31(3)	251	32(3)	294	36	318	38	
3,5	150	5	200	18	283	31	281	30	328	34	351	33	
4	157	7	220	20	312	29	310	29	359	31	384	33	
4,5	164	7	241	21(3)	337	25	334	24	388	29	416	32	
5	171	7	262	21	361	24	358	24	414	26	440	24	
5,5	179	8	281	19	385	24	380	22	436	22	463(2)	23	
6	188	9	300	19	405	20	402	22	458	22	492	19	
6,5	197	9	317	17	425	20	422	20	478	20	510	18	
7	207	10	333	16	442	17	439	17	495	17	528	18	
7,5	217	10	348	15	459	17	454.	15	514	19	546	18	
8	227	10	361	13	474	15	469	15	528(1)	14	560	14	
8,5	»	»	379	18	489	15	483	14	550	14	»	»	
9	248	21(3)	392	13.	502	13	497	14	562	12			
9,5	»	»	406	14	515	13	510	13	575	13			
0	269	21	416	10	525	10	522	12	588	13			
0,5	»	»	430	14	535	10	535	13	600	12			
1	289	20	440	10	»	»	549	14	613	13			
1,5	»	»	454	14			558	9	620	7			
2	308	19	462	8			565	7	»	»			
2,5	»	»	472	10			576	11					
13	326	18	481	9			584	8					
13,5	»	»	»	»			»	»					
14	344	18					»	»					
14,5	»	»					»	»					
15	360	16					»	»					
15,5	»	»	»	»	»	»	653	69					
16	276	16					»	»					
17	390	14					»	»					
18	404	14	»	»	»	»	682	29					
19	418	14											
20	430	12											
21	440	10											
2	450	10											
3	460	10											

(1) Le même poids ayant continué d'agir pendant quelques minutes, la longueur a atteint 536.
(2) Même observat., la longueur atteinte a été de 473. C'est sur ces chiffres que l'allongem' a été calculé.
(3) Valeur maxima de l'allongement.

... vulcanisé augmente donc avec la ... valeur maximum à partir de laquelle ... charge continue à croître. Le maxi- ... sur les 6 rondelles éprouvées est de 240, ... de la longueur initiale, mesurée entre les ... qui permet à l'auteur de formuler les normes ... *charges uniformément croissantes, une bande de ... prend des allongements croissants jusqu'à ce ... double de sa longueur primitive ; à partir de ... successifs sont décroissants.*

... *pour quadrupler la longueur de la bande est ... lequel elle est doublée, quelle que soit la ... considérée.*

... *que nous pouvons porter, pour le caoutchouc ... fois la longueur primitive sans mettre la téna- ... sont offerts par les métaux que jusqu'à quel- ... la longueur initiale.*

... fil de fer de 1 millimètre carré de section ne dou- ... que sous 20 000 kg et ne nous permet l'obser- ... jusqu'à 30 ou 40 kg de charge, tandis qu'un fil de ... vulcanisé de même section double de longueur sous ... grammes et n'est pas encore rompu sous une charge ...

... examiner si la longueur soumise à l'extension a une ... dans quelle mesure les allongements varient quand les ... qui les produisent agissent pendant un temps plus ou moins ...

La rondelle G (voir tableau A) a servi à faire cinq expériences ... Celles-ci ont donné les résultats consignés ci-après du tableau C et traduits en graphique comme ci-contre.

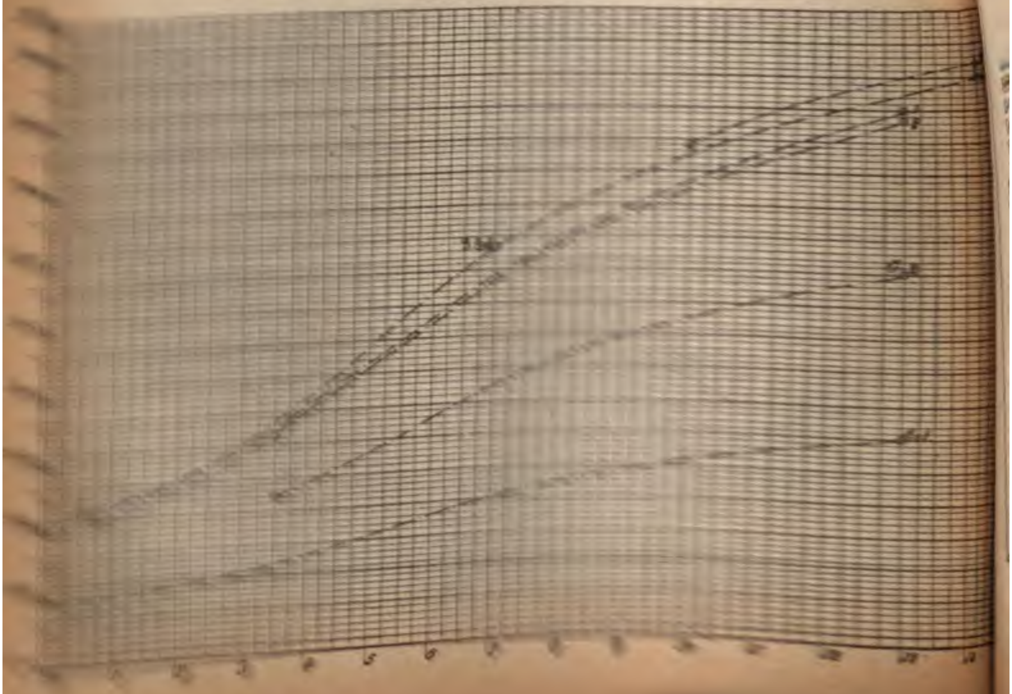


TABLEAU C

Allongements d'une même bande dans des expériences successives

Charge en kilogrammes — Bande G	Expérience n° 1	Expérience n° 2	Expérience n° 3	Expérience n° 4	Expérience n° 5	Observations
0	75	140	200	200	200	
0,25	»	»	»	»	»	
0,50	77,8	»	211	211	»	
0,75	80	»	217	216	»	
1	82,3	»	223	223	»	
1,25	84,5	»	231	231	»	
1,50	87,5	»	239,5	239	»	
1,75	90,5	»	248	247,5	»	
2	93,8	»	257	256,5	»	
2,25	97	»	263	267	»	
2,50	101,5	»	280	279	»	
2,75	106	»	292	891	»	
3	110,5	»	305	304	»	
3,25	115	»	319,5	318	»	
3,50	120,5	222,5	335	335	»	
3,75	126	232	352	352	»	
4	131,5	243	370	369	»	
4,25	138	254	388	388	»	
4,50	144	265	406	407	»	
4,75	150 (1)	276,5 (2)	424	426	»	
5	156	288	443	445	»	
5,25	»	»	463	463	»	
5,50	169	310	483	481	»	
5,75	»	»	502	499	»	
6	182	332	520	518	à	
6,25	»	»	538	535	»	
6,50	193	353	554	552	»	
6,75	»	»	570	569	»	
7	203	373	586	584	»	
7,25	»	»	»	598	»	
7,50	213	393	»	612	»	
7,75	»	»	»	626	»	
8	224	414	»	639	»	
8,25	»	»	»	652	»	
8,50	»	»	»	665	»	
8,75	»	»	»	677	»	
9	241	444	»	689	»	
9,25	»	»	»	698	»	
9,50	»	»	»	709	»	
9,75	»	»	»	720	»	
10	258	475	»	729	743	
10,25	»	»	»	737	761	
10,50	»	»	»	744	770	
10,75	»	»	»	752	779	
11	272	500	»	760	788	
11,25	»	»	»	770	796	
11,50	»	»	»	781	806	
11,75	»	»	»	789	814	
12	286	525	»	795	820	
12,25	»	»	»	801	826	
12,50	»	»	»	808	832	
12,75	»	»	»	814	839	
13	300	550	»	819	843	
13,25	»	»	»	829	849	
13,50	»	»	»	835	854	
13,75	»	»	»	840	859	
14	»	»	»	847	865	
14,25	»	»	»	855	870	

(1) Maximum d'allongement par kilogramme, 24 millimètres.
(2) Maximum d'allongement par kilogramme, 44 millimètres.

Les expériences 1 et 2 ont été faites en même temps, en mesurant les distances entre deux couples de repères posés arbitrairement sur la bande et donnant respectivement pour longueur initiale :

$$lo = 75 \text{ et } lo = 140$$

Comme on le voit dans le graphique les longueurs successives sous le même poids sont restées en rapport avec ces deux nombres. En ramenant par proportion ces longueurs initiales à 200, on constate, dans la même figure, que ces deux courbes coïncident à très peu de chose près. On peut attribuer la différence qui existe entre elles à ce que les lectures des distances ont toujours été faites pour le n° 2 avant le n° 1.

A la suite d'un accident ayant rompu la rondelle l'auteur a poursuivi les essais 3, 4, 5 avec une bande déroulée, dont les extrémités étaient prises entre les mâchoires de deux petits étaux garnis de caoutchouc et il a pu opérer ainsi sur une longueur initiale plus grande, c'est-à-dire 200 mm. Les courbes représentées au graphique ont été identiques avec celles résultant de l'essai du Tableau B, seulement leurs ordonnées s'élèvent plus dans la courbe 3 que dans la courbe 2 et dans la courbe 5 que dans la courbe 4. L'auteur explique ce phénomène de la manière suivante : on a depuis longtemps remarqué, dit-il, que, si on étend brusquement une bande de caoutchouc, il se manifeste une augmentation notable de température qui peut être attribuée à une diminution de son volume total.

Les expériences pour élucider ce point sont encore loin d'être assez complètes, certains auteurs affirment une augmentation, d'autres la non altération du volume. Tait et Thomson dans leur livre : *Elements of natural philosophy* disent clairement : « An India ruber band, when pulled out experiences no sensible change of volume, though a very sensible change of length. » Villari, de Bologne, au contraire, a obtenu des densités décroissantes à mesure que l'extension du caoutchouc augmentait. La déformation latérale serait donc en sens contraire de celle de tous les autres corps soumis à l'extension.

Ce volume revenant à ses dimensions premières au bout d'un certain temps, si la tension continue à être exercée, la longueur augmente en conséquence ; de sorte que l'allongement obtenu brusquement est toujours moindre que celui qu'on observe après une action lente et graduelle.

Stevart fit encore quelques essais de rupture qui ont ajouté un dernier trait aux singularités de la gomme vulcanisée et qui lui démontrèrent que *cette substance semble n'avoir d'autre limite d'élasticité que la rupture*. Tout au moins les deux parties de la bande rompue, si elles ne reviennent pas immédiatement à la longueur primitive, continuent à se raccourcir pendant un temps très long (plus de 24 heures) et ne présentent après cela aucune trace d'altération ni d'allongement permanent.

Les charges de rupture ont varié, selon la plus ou moins grande

rapidité avec laquelle l'expérience était poussée, de 500 à 800 gr par millimètre carré de la section primitive : même une bande de 9,01 millimètres carrés de section n'était pas rompue sous une charge de 7,5 kg.

Les résultats de ces essais sont d'ailleurs entrés dans la pratique et le cahier des charges du chemin de fer de l'État belge le consacre en ce qui concerne la fourniture des membranes en caoutchouc nécessaires à son service (1888). Voici comment l'auteur se résume pour cette première partie de son travail.

Une bande de caoutchouc soumise à un effort longitudinal prend immédiatement une certaine longueur, qui augmente notablement si la charge continue à faire sentir son action, mais qui mesurée immédiatement est proportionnelle à la longueur primitive.

Que la relation entre la longueur et la charge qui la produit est très compliquée et se traduit graphiquement en une courbe dont le degré est probablement supérieur au troisième et qui présent une point d'inflexion dont les coordonnées sont :

$$x = ES;$$
$$y = 2\,lo;$$

lo représentant la longueur initiale de la bande,

S sa section,

E le module de raideur ou le poids nécessaire pour doubler la longueur initiale ;

Que néanmoins le poids nécessaire pour augmenter dans un rapport donné la longueur primitive est toujours proportionnel à la section ;

Que sous un poids triple de celui qui double la longueur, celle-ci est quadruplée ;

Que le poids sous lequel la longueur est doublée étant de 80 grs par millimètre carré de section, la valeur du module de raideur E est donc $E = 0,084$.

Que si l'on rectifie la définition du module, il sera variable pour le caoutchouc vulcanisé : à l'origine il a une valeur de 0,168 maximum, correspondant au minimum d'extensibilité ; il diminue ensuite jusqu'au tiers de cette valeur au moment où la longueur est doublée, puis augmente de nouveau jusqu'au point de rupture. Il passe deux fois par la valeur moyenne 0,084.

Que l'extensibilité, par unité de charge ajoutée est variable ; qu'elle croît jusqu'à ce que la longueur soit doublée et qu'à partir de ce point elle diminue.

Que, enfin cette extensibilité maximum est exactement représentée par la formule: $e = \frac{3lo}{2LS}$ *qui donne l'allongement pour 1 kg de charge ajouté au moment où la longueur est doublée.*

Expériences sur la dépression. — Lorsqu'un corps solide se trouve compris entre deux plans parallèles qu'un effort tend à rapprocher, on dit que le corps est *comprimé*. Pour les corps ordinai-

rement soumis à des efforts un peu considérables de cette espèce, on observe lors de la compression une légère diminution de la hauteur comprise entre les deux plans, accompagnée d'une modification des dimensions transversales dont on ne tient généralement pas compte, du moins tant que la limite d'élasticité n'est point atteinte.

Cette déformation transversale est estimée égale au quart de celle qu'on observe dans la direction de la compression.

Il en est tout autrement du caoutchouc vulcanisé ; c'est pourquoi l'auteur appelle *dépression* l'action par laquelle la gomme se laisse déformer entre les deux plans qui se rapprochent, tandis que ses dimensions perpendiculairement à l'effort augmentent dans une mesure considérable.

Première observation : *les sections normales à la force qui comprime grandissent en demeurant semblables à elles-mêmes.* Ainsi une plaque ronde fortement comprimée s'étend également dans tous les sens, une plaque carrée reste carrée, une plaque rectangulaire se déforme suivant un rectangle semblable.

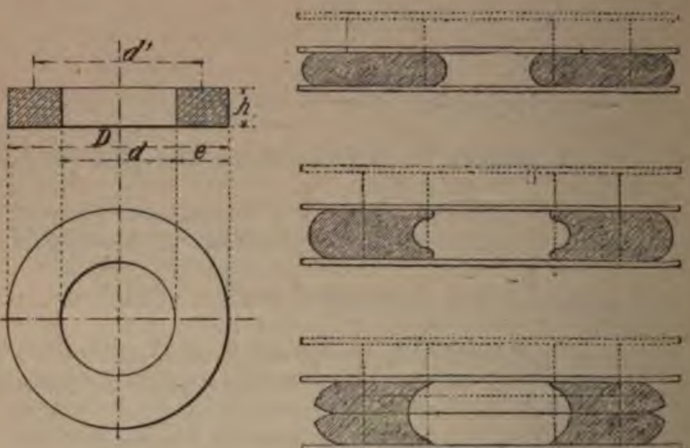


Fig. 52.

La forme la plus employée dans l'industrie est celle d'un anneau à section rectangulaire uniforme Fig. 52 et ce solide de révolution est destiné à résister à des efforts dirigés suivant son axe. Voici quelles sont les déformations subies par un tel corps : les sections parallèles restent des cercles, quant aux sections méridiennes, la Fig. 52 montre ce qu'elles deviennent, les traits pointillés représentant leur forme primitive : elles peuvent être considérées comme des rectangles terminés intérieurement et extérieurement par des demi-cercles, de telle sorte que les surfaces non en contact avec les plans parallèles et qui étaient primitivement deux cylindres, deviennent deux demi-tores. Si la hauteur h de la rondelle est plus

e de beaucoup que son épaisseur e, la déformation a lieu d'une
ire différente, la surface torique extérieure reste convexe.
l'extérieur devient concave comme l'indique 3.
phénomène commence à se produire lorsque la hauteur atteint
et demie l'épaisseur.

$$h = \frac{3}{2} e.$$

l'on soumet à la compression deux rondelles superposées, elles
nportent d'abord comme si les deux n'en faisaient qu'une, puis
te elles se séparent en bâillant à l'endroit du contact extérieur
ne l'indique 4.
*is, quelles que soient les déformations subies, le caoutchouc
nisé conserve invariablement son volume primitif.*
ci, réunis en un tableau, les résultats des essais qui établis-
xpérimentalement ce fait ; les pièces n° 1 à 7 étaient des ron-
ayant la forme de la Fig. 51, le n° 8 était une plaque circu-
pleine et le n° 9 une plaque carrée, le tout du caoutchouc
que aux essais précédents.

TABLEAU D

Invariabilité du volume du caoutchouc déprimé

		D Diamètre extérieur	d Diamètre intérieur	h Hauteur	V Volume	Rapport de l'écart au volume
ndelle . .	libre	130	50	55	622,050	— 0,0013
	chargée . . .	193	36	22	621,214	
ndelle . .	libre	97	45	26	150,080	+0 ,0088
	chargée . . .	140	18	10	151,390	
ndelle . .	libre	75	30	30	111,330	— 0,0023
	chargée . . .	120	16	10	111,090	
ndelle . .	libre	120	68	25	191,950	+ 0,0100
	chargée . . .	161	35	10	193,960	
ndelle . .	libre	125	75	25	196,325	+ 0,0085
	chargée . . .	165	42	10	197,970	
ndelle . .	libre	119	85	17	92,599	— 0,0059
	chargée . . .	156	55	5,5	92,054	
ndelle . .	libre	84	40	29	124,265	+ 0,0021
	chargée . . .	129	28	10	124,530	
que ronde.	libre	110	0	22	209,066	+ 0,0003
	chargée . . .	172	0	9	209,115	
que carrée	libre	110 de côté		24	290,400	— 0,0048
	chargée . . .	170 de côté		10	289,000	

volume a été calculé pour chaque rondelle en multipliant la
n méridienne par la circonférence moyenne. On voit que les

différences entre les volumes du caoutchouc libre et ceux du caoutchouc déprimé sont très faibles, eu égard à ce volume primitif, et ne dépassent nulle part l'erreur d'un dixième de mm. sur le mesurage direct.

On peut donc exprimer la loi suivante, expérimentalement vraie dans les limites de l'emploi pratique : *Dans toutes les déformations que peut subir une masse de caoutchouc vulcanisé son volume reste invariable. La surface aplatie varie en raison inverse de la hauteur,* ou s'il s'agit d'une rondelle, *son diamètre moyen s'étend dans la même proportion que la section méridienne diminue.*

D'après ces données, l'auteur pense que si une cavité cylindrique était intégralement remplie d'une masse de caoutchouc de même orme, l'action de piston dans ce cylindre serait aussi peu sensible que si celui-ci était rempli d'eau, c'est-à-dire que *le caoutchouc serait incompressible au même titre que les liquides.*

Ces expériences faites en 1871 se trouvent confirmées par W. Thomson et P. G. Tait en 1873... « Clear elastic jellies and India-rubber, are probably all of very nearly the same compressibility as water. »

L'auteur, par contre, se trouve en légère contradiction avec Clapeyron : « La compressibilité cubique du caoutchouc, mesurée « dans les ateliers de chemin de fer du nord, a été trouvée égale « à 0,00009295 du volume primitif par kg de pression sur 1 centi- « mètre carré. C'est environ le double de la compressibilité cu- « bique de l'eau. » (Comptes rendus, 1858, p. 112).

Ainsi pendant la déformation d'une rondelle la matière *s'écoule* pour ainsi dire, un peu vers l'intérieur, beaucoup vers l'extérieur en produisant une tension considérable sur la surface.

C'est la surface extérieure qui supporte l'effort maximum et cela à son cercle équateur. Aussi c'est là que se produit la rupture quand la compression est poussée assez loin. Stévart a vu des pièces, nettement rompues à l'équateur extérieur comme par un coup de rasoir, reprendre leur forme primitive quand on enlevait la charge, ce qui confirmerait l'idée émise que *la rupture même n'amène pas la déformation réellement permanente.*

Nous nous arrêtons ici dans nos emprunts à l'ouvrage de Stevart, quoique volontiers nous eussions poursuivi de concert avec lui jusqu'à la fin de son étude. Mais nous eussions été forcés de nous éloigner trop du cadre que nous nous sommes tracés, nous renvoyons donc ceux de nos lecteurs que cette étude spéciale peut intéresser à la brochure de l'auteur.

Nous terminerons ce paragraphe en rappelant que Joule et Thomson ont constaté qu'une bande de caoutchouc vulcanisé soumis à l'allongement dégage une certaine somme de calorique et que par contre il y a refroidissement lorsque la matière revient sur elle-même. Ils ont observé en outre qu'une bande de caoutchouc vulcanisé tendue par un poids qui en double la longueur, se raccourcit d'un dixième si on élève la température à $+ 50°$.

Adhésivité.

Cette propriété qui est l'une des caractéristiques de la gomme naturelle est complètement détruite par la vulcanisation.

Au chapitre précédent où nous avons exposé la théorie des phénomènes de la vulcanisation nous avons suffisamment insisté sur cette modification des propriétés de la gomme sous l'influence du corps vulcaniseur et de la chaleur ; nous n'avons pas besoin d'y revenir et il suffit de formuler que la vulcanisation fait perdre au caoutchouc la propriété de se souder à lui-même. Deux sections d'un même bloc coupé même très récemment et rapprochées et serrées avec force l'une contre l'autre ne sont plus susceptibles de se souder.

Action de la chaleur.

Contrairement à ce qui a lieu pour le caoutchouc normal, le caoutchouc vulcanisé conserve encore sa souplesse et son élasticité bien au-dessous de $+ 0°$, et si on lui fait subir une traction, quelque forte qu'elle soit à basse température pourvu qu'on n'arrive pas à rupture, il reprend sa forme primitive lorsqu'il est abandonné à lui-même. Il se comporte de même à la chaleur et il ne perd ni de son élasticité ni de sa souplesse ; à la température de l'eau bouillante il est même plus élastique en même temps qu'il ne subit pas la décomposition visqueuse remarquée dans les caoutchoucs naturels. Arrivé à la température de 180 à 200° si l'excès du soufre est écarté, il se ramollit et entre enfusion, une fois fondu il reste gluant et perd complètement son élasticité. Si on maintient l'action de la chaleur sur le caoutchouc en fusion, il devient dur et cassant, comme nous l'avons déjà fait remarquer, et finalement il ne reste plus qu'une matière charbonneuse.

Action de la lumière.

Nous avons constaté l'action destructive de la lumière sur le caoutchouc normal. Cette action se manifeste également sur le caoutchouc vulcanisé, surtout si la matière n'a pas été débarrassée de son excès de soufre.

Thomson, qui a fait de sérieuses recherches à ce sujet, trouve même que le caoutchouc vulcanisé souffre plus que la gomme naturelle surtout lorsqu'en même temps que la lumière intervient une élévation de température, et ce savant considère là désulfuration par

les lessives alcalines, non comme un remède, mais comme une aggravation du mal. D'après lui, en effet, l'absorption du soufre augmente le volume du caoutchouc et il en résulte que si après la vulcanisation on cherche à éliminer l'excès de soufre il y aura diminution du volume d'environ 2 1/2 %. Un caoutchouc ainsi traité s'altère très rapidement et Thomson l'explique par ce fait que les pores primitivement remplies de soufre se trouvent alors envahies par l'air : de là oxydation et formation d'un côté de résines dures et cassantes, et d'un autre côté d'une substance molle, d'apparence grasse et légèrement volatile à la température ordinaire.

L'action de la lumière a donné lieu à une observation extrêmement curieuse signalée en 1866 par Seely. Ce chimiste a remarqué que le caoutchouc mélangé au soufre libre se vulcanisait aussi bien sous l'influence de la lumière que sous celle de la chaleur. L'industrie s'est emparée du fait signalé et une feuille mince de caoutchouc appliquée sur une pierre lithographique et exposée à la lumière solaire a pu communiquer à cette pierre la propriété de retenir l'encre grasse aux points insolés. C'est le point de départ de la *caoutchoutocopie*.

Le fait n'a d'ailleurs rien de surprenant : il n'y a jamais dégagement de lumière sans qu'il y ait un développement simultané de chaleur : ainsi s'explique facilement ce phénomène singulier.

Thomson constate d'ailleurs que des fils fortement tendus renfermés dans des vases remplis de différents gaz et exposés à la lumière solaire se comportent tout différemment selon la nature du gaz. Dans l'oxygène sec ou humide, les fils cassent très rapidement tandis que dans l'acide carbonique, l'hydrogène et le vide ils restent complètement indemnes.

Action des dissolvants.

Si on plonge pendant un temps assez prolongé le caoutchouc vulcanisé dans les dissolvants ordinaires (huiles essentielles, benzol, sulfure de carbone) il ne s'y dissout pas, mais gonfle considérablement et lorsque le dissolvant a été complètement éliminé, les propriétés du caoutchouc ainsi traité se trouvent de nouveau modifiées. D'après Payen « le sulfure de carbone, la benzine, l'essence de « térébenthine et l'éther anhydre gonflent le caoutchouc vulca- « nisé au point d'accroître de neuf fois son volume ; ces véhicules « peuvent en même temps entraîner l'excès de soufre non combiné « en le dissolvant. Cette dissolution s'effectue dans l'éther anhydre « en certaines proportions avec une particularité remarquable : une « faible portion, enlevée d'abord, se dépose en partie sur les pa- « rois, puis graduellement, de nouvelles quantités se dissolvent et « vont grossir les cristaux adhérents aux parois du vase et même « aux parois externes des lames de caoutchouc. Ils peuvent deve- « nir assez volumineux pour montrer directement à l'œil nu leurs « formes octoédriques ».

La benzine et le sulfure de carbone ne possèdent pas cette propriété.

Heinzerling a trouvé que si on laisse pendant un temps suffisant la gomme vulcanisée en contact avec l'essence de térébenthine à une température élevée, elle se dissout entièrement.

Pour être complet, rappelons que l'éther et le sulfure de carbone dissolvent jusqu'à 4 et 5 °/₀ de caoutchouc vulcanisé en même temps qu'ils dissolvent l'excès de soufre. Du résidu évaporé de cette dissolution on peut extraire par l'alcool absolu 1 1/2 de matières solubles (caoutchouc oxydé).

Enfin Payen en soumettant du caoutchouc vulcanisé à l'action dissolvante de 10 °/₀ de sulfure de carbone et 4 °/₀ d'alcool absolu a obtenu comme résultat la composition suivante :

Caoutchouc insoluble.	75 °/₀.
Caoutchouc dissous.	25 °/₀.

Action des huiles.

C'est encore à Thomson que l'on doit les premières observations concernant sur l'action des huiles sur la gomme vulcanisée. En traitant des fils successivement avec 1 à 100 ₀/° d'huile et les abandonnant à eux-mêmes pendant 6 à 7 ans, il constata que les fils traités par une petite quantité d'huile avaient conservé toutes leurs propriétés et leur élasticité, tandis qu'une quantité plus forte accélérait l'oxydation. Selon lui le caoutchouc forme avec l'huile d'abord une masse plastique, mais qui finit par s'oxyder rapidement à l'air. L'huile de coco et de palme agissent le plus énergiquement ; l'action de l'huile de castoréum est la plus faible. Ce savant démontre que dans le cas spécial d'altération d'un tissu imperméabilisé par le caoutchouc c'est l'excès d'huile qui avait été la cause déterminante de l'accident et il conseille avant de traiter certains tissus par le caoutchouc, d'en soumettre un échantillon un ou deux jours à la température de 100°. Quand un tissu contient plus de 1 °/₀ d'huile, celle-ci exercera une influence fâcheuse sur la gomme.

Action des agents atmosphériques.

Si le caoutchouc vulcanisé était une matière nettement définie, il serait intéressant d'étudier les altérations que lui font tour à tour subir l'air, la lumière, la chaleur et l'humidité, soit isolément, soit simultanément ; cette étude fournirait peut-être les moyens de corriger les défauts inhérents à la gomme transformée. Mais en l'état (et plus nous avançons dans cette étude, et plus notre conviction se change en certitude que le caoutchouc vulcanisé n'est que

la résultante d'une transformation incomplète et intermédiaire entre le caoutchouc normal et le durci,) nous ne pouvons que signaler les défauts inhérents au produit, les attribuer soit à une cause soit à une autre, proposer quelques palliatifs; mais pour faire une étude vraiment utile soit pour l'élucidation de la question scientifique, soit pour le perfectionnement des procédés industriels nous croyons que nos efforts seraient vains et inutiles, le coup de main de l'ouvrier habile, du directeur bon observateur des faits journaliers seront bien plus efficaces.

Les altérations que l'on constate sur les objets en vulcanisés sont de plusieurs sortes.

Après un temps plus ou moins long il s'y produit un changement moléculaire qui détermine une sorte de fermentation : la souplesse et la nervosité semblent disparaître et la gomme est parfois complètement détériorée. Cette cause peut être attribuée à une légère humidité dans les pores de la matière et à une chauffe insuffisante pendant la vulcanisation.

D'autres fois, l'altération se manifeste par la perte d'une partie des propriétés élastiques de la matière, qui se fendille sur toute la surface exposée à l'air, les craquelures vont en s'accentuant vers le centre de la masse : le caoutchouc sent l'aigre et finit par devenir pulvérulent. Si on l'étire, il se brise ; il semble qu'il ait été brûlé.

Dans d'autres cas, le caoutchouc se ramollit, devient poisseux, collant ; sollicité par une force de traction, il s'allonge, mais ne revient pas à sa forme primitive. Parfois même il se brise. Cette maladie, qui provient certainement d'une vulcanisation insuffisante, s'accentue encore en présence de l'air et de la lumière et surtout d'une chaleur anormale. Nous croyons que cette maladie n'est autre que celle que nous avons signalée dans le caoutchouc normal et dont le résultat final est la gomme oxydée ou résinifiée.

Seulement l'action est plus énergique pour une gomme déjà énervée par un travail répété sous tant de formes diverses pendant la longue préparation de la matière que pour une substance vierge à peine sortie des mains du producteur.

On n'est pas encore parvenu à prévenir ou arrêter les altérations qui se produisent parfois sur certaines parties, alors que les zones voisines sont saines. On peut expliquer ce fait sur l'inégale répartition dans la masse des parties vulcanisées et des matières vulcanisantes.

Il n'est pas jusqu'à l'influence de la lumière lunaire qui, selon Chapel, n'affecte parfois la qualité du caoutchouc vulcanisé.

Cette constatation, dit-il, a été faite nombre de fois sur des fils restés sous tension pendant quelques jours. L'observation de M. Chapel peut se ranger dans le nombre de ces phénomènes réels, mais inexpliqués, que l'industriel trouve souvent sur sa route et qui ne sont pas sans lui causer de sérieux embarras. Notre propre expérience nous a en effet appris que l'action des rayons lunaires est souvent fatale aux pièces de draperies teintes et que jusqu'à ce jour la sagacité des chercheurs n'est pas parvenue à donner une

explication satisfaisante des accidents de ce genre. On combat bien ces inconvénients en traitant les objets vulcanisés par des bains bouillants de potasse et de soude caustique ou carbonatée. Mais ces lavages n'ont d'action que sur la partie superficielle, et bientôt le mal reparaît.

Le procédé de vulcanisation de Gérard, dit procédé alcalin, remédie aussi au moins en partie à ces maladies de la gomme vulcanisée.

Mais, tous ces remèdes ne sont toujours que des palliatifs : le mal en lui-même est insurmontable parce que la vulcanisation n'est pas une opération finie. La vulcanisation aux sulfures métalliques serait encore le meilleur moyen à employer si leur emploi n'entraînait d'autres inconvénients.

Action des réactifs.

Le caoutchouc vulcanisé résiste mieux que la gomme normale aux réactifs chimiques, acides et alcalins, ainsi qu'à la plupart des sels ; il y a cependant une exception qui mérite d'attirer notre attention : c'est l'action que les métaux exercent sur lui, ou pour mieux dire, l'action que le caoutchouc vulcanisé exerce sur eux. Le fer, le cuivre et les divers alliages de ces métaux étant le plus souvent employés dans les divers usages industriels, c'est sur eux que se portera plus spécialement notre attention. C'est sur eux d'ailleurs que l'action du caoutchouc est la plus désastreuse : ces métaux mis en présence de la gomme vulcanisée se décomposent et réciproquement décomposent la gomme. Soit que le soufre en excès vienne former le sulfure métallique, soit que l'affinité du soufre pour le cuivre et le fer soit plus considérable que pour l'hydrocarbure, les métaux en contact avec le caoutchouc vulcanisé se recouvrent d'une couche noire (sulfure métallique) et la matière elle-même s'altère et perd ses propriétés naturelles.

Il en est de même d'ailleurs pour l'or, l'argent et le plomb ; mais la question est moins importante, ces métaux ne se trouvant pas souvent en contact avec le caoutchouc.

Il est nécessaire de tenir compte de ces altérations réciproques, si l'on ne veut pas s'exposer à de graves mécomptes dans la pratique industrielle. C'est ainsi qu'il faut éviter dans la confection des câbles électriques d'appliquer directement du caoutchouc vulcanisé sur les fils de cuivre : le fil perdrait rapidement de son pouvoir conducteur et le diélectrique de son côté perdrait de son efficacité. De même dans la fabrication des moules où le fer est la matière première qui sert de préférence, il est indispensable qu'avant et après chaque opération ces moules soient soumis à un nettoyage parfait au moyen du papier émérisé.

Régénération et Désulfuration.

S'il est facile d'utiliser les déchets de caoutchouc normal et celui des mélangés non encore vulcanisés puisqu'un simple malaxage suffit pour lui rendre presque entièrement ses propriétés techniques, il n'en est pas de même du caoutchouc dès qu'il aura subi l'action du soufre ou de ses dérivés en présence de la chaleur. Et cependant, outre qu'il est souvent indispensable dans la fabrication des articles techniques et après que le travail de la vulcanisation est accompli, de se débarrasser d'un excès de soufre simplement juxtaposé qui serait de nature à exercer une action ultérieure préjudiciable à la qualité et à la durée de l'objet manufacturé, il est non moins important de savoir utiliser les déchets de fabrication et les articles de rebut, soit qu'ils aient un défaut qui en empêcherait la vente, soit qu'un usage prolongé les ait rendus trop défectueux pour pouvoir encore fournir le service que la pratique en attend.

La résistance presqu'absolue du caoutchouc vulcanisé à l'action des dissolvants ne permet malheureusement pas de résoudre facilement ce problème et tous les efforts des chercheurs qui, tour à tour se sont occupés de la question, n'ont abouti qu'à un palliatif dont nous parlerons plus loin.

Nombreuses sont les méthodes proposées tant pour l'utilisation des déchets que pour la désulfuration du vulcanisé : Heinzerling les divise en trois catégories bien distinctes :

1° Division mécanique des déchets et emploi de la poudrette comme addition à une pâte encore vierge.

2° Fusion des déchets et emploi du brai comme addition à de nouveaux mélanges.

3° Désulfuration partielle et dissolution dans des solvants appropriés, évaporation du dissolvant et utilisation du résidu.

A la *première de ces méthodes* appartient le procédé Goodyear, le plus anciennement connu pour la régénération du vulcanisé. Cet inventeur recommandait de déchiqueter les déchets et de les additionner de caoutchouc normal avec la quantité de soufre y afférente, et d'employer ensuite la masse obtenue pour une nouvelle fabrication de vulcanisé. Une modification à ce premier procédé consiste à laisser les déchets, imprégnés d'un peu de benzine, digérer pendant 24 à 36 heures dans un réservoir clos et légèrement chauffé : le déchet gonfle ainsi de 3 à 4 fois son volume et se laisse en cet état réduire par les cylindres en une poudre très fine.

A première vue, ce procédé paraît extrêmement simple et semble résoudre la question. Il n'en est pas cependant tout à fait ainsi : le déchet a été une première fois vulcanisé, c'est-à-dire qu'il a subi cette première atteinte du soufre et de la chaleur qui opèrent la transformation incomplète, arrêtée à point voulu pour les besoins industriels déterminés que nous appelons la vulcanisation. Mélangée avec la partie saine qui n'a pas encore subi l'action de la chaleur,

la matière ne se comportera certainement pas à la vulcanisation de la même façon et le produit n'aura pas les qualités d'un bon caoutchouc vulcanisé. Le cuiseur d'ailleurs sera tout désorienté et ne saura où arrêter la vulcanisation.

Il n'en est pas ainsi si le déchet gonflé comme il vient d'être dit, réduit en poudrette et additionné d'une proportion déterminée de soufre, passe de nouveau au malaxeur légèrement chauffé et les feuilles, peu consistantes il est vrai, peuvent parfaitement, soit après compression dans les moules soit à l'état de poudrette, subir la coction terminale du durci. On obtient ainsi un emploi tout naturel de ces déchets, et sans grands frais. Le seul inconvénient du procédé consiste en ce que les déchets sont toujours en quantité assez grande et que la fabrication du durci est limitée.

La *seconde méthode* de régénération des déchets consiste à fondre dans un chaudron à feu nu les déchets déchiquetés. On obtient ainsi une masse poisseuse, extrêmement gluante, qui, au refroidissement, se convertit en blocs presque solides, si la température ambiante est suffisamment basse. Si, au contraire, on opère par un temps très chaud, le produit se maintient à un état de semi-fluidité caractéristique.

Ce produit mélangé à d'autres matières, comme par exemple de l'huile de lin, peut servir à l'imperméabilisation de certain tissus ; incorporé au caoutchouc normal, il peut encore servir à gommer la toile dont sont entourés certains tuyaux d'arrosage à spirales métalliques. (Voir plus loin le chapitre spécial des Factices).

Il nous reste à examiner la *troisième catégorie* de procédés de régénération des déchets de caoutchouc : cette méthode est d'ailleurs intimement liée à la question de la désulfuration.

La dissolution des déchets dans un solvant approprié serait certainement la méthode la plus rationnelle de la régénération ; elle fournirait naturellement la matière la plus facilement utilisable. Malheureusement, le dissolvant réel n'est pas encore trouvé et tous ceux proposés sont d'un prix de revient bien élevé.

Le procédé Newton, basé sur un détrempage de 2 à 14 jours dans la Camphine (huile de térébenthine rectifiée sur l'hypochlorite de chaux) n'est pas intelligible, du moins par ce que l'inventeur en a fait connaître dans son brevet.

Heinzerling et Lipmann se sont fait breveter en 1874 en Angleterre pour un procédé de régénération des déchets. La gomme déchiquetée est lavée, puis soumise à l'ébullition dans une solution de soude caustique à 10 °/₀ pendant quelques heures. Après dessiccation complète, la matière passe dans une étuve à vapeur chauffée de 80 à 100°, où elle se trouve en présence du benzol, de la térébenthine ou tout autre solvant de ce genre ; on la laisse en contact avec ce liquide jusqu'à complète dissolution.

Si l'on se propose d'obtenir un caoutchouc régénéré aussi exempt que possible de tout mélange minéral, on laisse déposer la masse et l'on décante le liquide clair ; parfois on le filtre. La séparation est complète.

On distille dans une cornue au moyen de la vapeur directe ou

indirecte : l'addition de matières appropriées empêche tout commencement de vulcanisation.

S'il n'est pas nécessaire d'avoir un produit absolument pur, on peut se servir de la masse telle qu'elle se trouve dans le récipient qui a servi à la digestion et la distiller telle quelle.

Il est indispensable que l'évaporation des dissolvants soit aussi complète que possible si l'on veut éviter la formation de soufflures et de bulles dans la matière réemployée ; l'évaporation exige d'ailleurs l'emploi d'une température extrêmement basse.

Il est important de n'employer chaque fois que des déchets de même composition quand cela est possible ; à cet effet, on les soumet à un triage avant la régénération. Plus les chiquettes sont divisées avant de passer au digesteur, plus facile et plus rapide sera la dissolution : à cet effet il est bon de combiner ce procédé avec le mode de gonflement et de déchiquetage précédemment décrit.

Burghard, Rowlay et Salmonson ont proposé en 1879 le procédé suivant dont le but est plutôt de débarrasser la gomme chargée que de la régénérer dans la véritable acception de ce terme. Ils traitent les déchets à chaud par l'acide chlorhydrique et carbonisent ainsi tout tissu ou fibre végétale interposée dans la matière, tout en dissolvant les oxydes métalliques (oxyde de zinc, etc.) qui peuvent s'y trouver. Le caoutchouc est dissous alors dans le pétrole, le sulfure de carbone, l'huile de lin, le benzol ou tout autre solvant, avec intervention de chaleur et la solution est finalement évaporée. Si c'est l'huile de lin qui a servi comme dissolvant, un traitement ultérieur par l'ammoniaque devient nécessaire. Le caoutchouc résidu de l'évaporation est vulcanisé à nouveau.

Les solutions acides contiennent en dissolution des sels métalliques que l'on peut précipiter à l'état de carbonates et qui pourront ainsi servir à nouveau.

La nouveauté de ce procédé réside dans l'épaillage, si l'on peut s'exprimer ainsi, du déchet et dans la séparation des oxydes métalliques. Dans le même ordre d'idées Nathaniel Chapmann et Mitchel ont fait breveter en 1881 un appareil spécial pour le traitement des déchets par l'acide sulfurique ou chlorhydrique sous une pression de 3 $^1/_2$ kilog. par centimètre carré. Fig. 53.

A est une caisse munie de son couvercle B. Tous deux sont doublés en plomb pour résister à l'action corrosive des acides. Sur le fond de la caisse passe un tuyau *a* percé de trous et sur lequel s'embranchent également d'autres tubes transversaux également perforés. *a* aboutit à un tuyau vertical *b* qui émerge du couvercle. *b* communique avec l'arrivée de vapeur *d* par un joint mobile *e* en caoutchouc : en retirant le joint on permet l'enlèvement du couvercle. D est une cheminée pour le dégagement des gaz et vapeurs. Elle est composée de deux parties *f* et *g*. *f* fait corps avec le couvercle B et se trouve relié avec le corps de cheminée fixe *g* par un manchon mobile *h*. Si on pousse le manchon *h* sur *g* la caisse devient mobile. Un tiroir *i* en plomb sert de régulateur pour l'échappement de la vapeur et des gaz.

Voici comment on procède avec cet appareil. L'acide est versé

sur le fond de la caisse A ; après quoi on y entasse les déchets. Le couvercle remis en place, la vapeur arrive de *d* en *h* puis en *a* et se répartit par les amorces dans tout le liquide acide du fond. La pression de la vapeur doit toujours égaler 3 $^1/_2$ à 5 kilog. par cm². Le travail se fait de 1 à 5 heures selon la composition des déchets. On obtient ainsi une masse sirupeuse qui, défournée de l'appareil A, a besoin de passer par une machine à laver pour séparer la gomme des corps étrangers et de l'acide qui l'accompagnent.

Le caoutchouc ainsi régénéré est soumis à une dessiccation complète, puis malaxé et travaillé à nouveau.

La quantité et la concentration des acides dépendra nécessairement de la quantité de matières étrangères contenues dans le déchet. On emploie généralement pour 1 000 kilog. de déchets 300 à 500 kilog. d'acide sulfurique à 66° B ou 400 à 750 kilog. d'acide chlorhydrique.

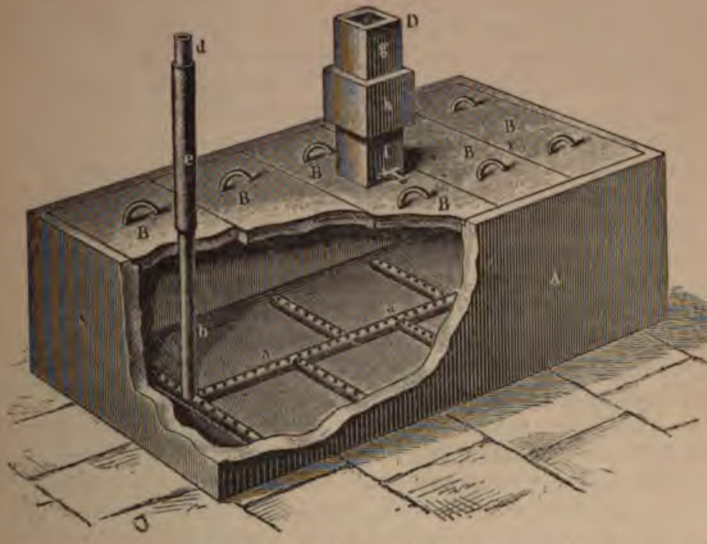


Fig. 53. — Cuve Chapmann et Mitchel pour régénérer les déchets de caoutchouc.

Les fibres végétales sont détruites par les acides, elles tombent en poussière au moindre frottement, tandis que les oxydes métalliques qui se trouvent presque toujours accouplés au caoutchouc vulcanisé se changent soit en sulfates, soit en chlorures. L'acide sulfurique est employé à cause de son énergie jointe à son prix peu élevé ; mais l'acide chlorhydrique est préférable quand il s'agit d'une épuration plus complète.

Si avec cet appareil on veut gonfler le caoutchouc par l'intervention de la benzine, il suffit de fermer la cheminée D au moyen du tiroir *i* jusqu'à complète absorption et de l'ouvrir ensuite.

Les déchets qui ne contiennent que 5 à 15 °/₀ de soufre ne se

travaillent qu'au point de vue de l'élimination des matières étrangères et le régénéré se retrouve à l'état complet de vulcanisation.

Si le déchet n'est pas désulfuré, il sert surtout comme fourrure; mais en ce cas encore il est toujours préférable au déchet en poudrette dont la densité est bien plus élevée.

Ce qu'on reproche surtout aux pièces techniques fabriquées avec la gomme régénérée et ce qui diminue notablement son emploi, c'est l'odeur désagréable dont il est impossible de la débarrasser et qu'elle communique même au caoutchouc sain.

Inutile d'ajouter que jusqu'à ce jour il n'a pas été possible de régénérer le durci, qui résiste à tout dissolvant connu, quelle que soit la durée de la réaction. Les déchets de ce genre ne peuvent donc être utilisés qu'à l'état de poudrette soit pour être moulés et comprimés au moyen d'un adjuvant qui fasse liaison, soit en mélangeant la poudrette fondue à une pâte nouvelle.

Jusqu'ici nous n'avons examiné que les procédés mis en œuvre pour la régénération des déchets. Il nous reste à parler des articles techniques où il s'agit simplement d'enlever par un procédé simple, mais en même temps aussi économique que possible, un excès de soufre dont la présence nuit à la valeur marchande du produit.

Par les mêmes procédés que pour la désinfection on arrive bien à éliminer le soufre en excès, c'est-à-dire non combiné, mais seulement juxtaposé, et comme nous l'avons fait remarquer c'est à l'aide de solutions de potasse et de soude caustiques ou simplement carbonatées et l'intervention d'une température de + 80 à 90° qu'on arrive à peu près au but proposé. Mais ce n'est pas sans un certain dommage pour la matière. Dans cette opération il se forme des poly-sulfures alcalins avec dégagement d'acide carbonique. Si le contact des matières en présence de la chaleur est trop prolongé, et si l'on a employé des solutions alcalines caustiques en trop grand excès, la surface de la gomme durcit et devient cassante. En outre, la matière désulfurée, même dans de bonnes conditions, reprend à sa surface sa propriété adhésive à tel point que des objets ainsi travaillés entassés les uns sur les autres finissent au bout de quelque temps par se souder entre eux sous l'action de la pression exercée; dans ce cas la matière ne devient ni dure ni cassante.

Quant aux déchets proprement dits où il s'agit d'extraire, sinon tout le soufre, du moins la quantité suffisante pour redonner au caoutchouc la propriété d'être attaqué par les dissolvants ordinaires, d'être travaillé de nouveau sous un état quelconque, lui restituer la qualité adhésive qu'il a perdue par la vulcanisation, enfin le rendre apte à être vulcanisé à nouveau d'une manière ou d'une autre, les résultats acquis jusqu'à présent n'ont pas toujours été en raison directe des efforts faits dans ce but.

MM. Christophe et Gidley ont proposé « de faire macérer le caoutchouc vulcanisé dans une solution chaude d'un carbonate alcalin « ou dans une solution d'hydrate de chaux jusqu'à ce que sous l'influence de ces réactifs on soit parvenu à éliminer la quantité de « soufre requise, c'est-à-dire qu'on ait réduit les proportions relatives du soufre à celles nécessaires pour les applications particu-

« lières, ou pour que le déchet soit susceptible d'être redissous
« et au besoin être vulcanisé. »

« Si le caoutchouc ne consistait pas en rognures, il faudrait le ré-
« duire en morceaux menus pour faciliter l'action de l'alcali ou de
« la chaux, et plus est élevée la température de la solution ou de
« l'eau, plus l'opération est rapide. Nous employons ordinairement
« la chaleur de l'eau bouillante, et par raison d'économie, nous fai-
« sons d'abord bouillir avec la chaux qui désulfure à la surface ou à
« une faible profondeur au dessous de la surface, puis nous éva-
« cuons la solution et la chaux et nous faisons bouillir avec la solu-
« tion de carbonate de soude. Au bout de peu de temps, tout l'excès
« de soufre ou le soufre non combiné est extrait ainsi que d'autres
« matières introduites dans le caoutchouc pendant la vulcanisation
« ou après la fabrication. Dans cet état, le caoutchouc désulfuré est
« soluble dans l'essence de térébenthine, le naphte, le chloroforme
« et autres liquides employés ordinairement pour dissoudre ou
« amollir le caoutchouc...

« ..... Si on trouve que les composés sulfurés qui se forment ainsi
« et qui se dissipent en partie dans l'athmosphère donnent lieu à
« quelqu'objection, on ajoute à la solution bouillante un oxyde mé-
« tallique, par exemple celui de cuivre ou un carbonate métallique,
« susceptible de former avec le soufre dissous par l'alcali, un sulfure
« insoluble sans dégagement de vapeurs sulfhydriques. »

Avant Christophe et Gidley, Parkes avait imaginé de faire bouillir les déchets dans une solution d'hypochlorite de chaux jusqu'à ce que sous l'influence d'une faible pression les fragments puissent se souder entre eux. Il plongeait les déchets ainsi préparés dans une solution alcaline chaude et les lavait enfin dans l'eau bouillante.

Ces procédés ont une valeur *relative* plus ou moins grande, que chaque industriel seul peut apprécier. Il en est de même du palliatif proposé pour la première fois par Newton en 1860, et qui depuis lors a été singulièrement perfectionné.

Peu satisfait des résultats des procédés Parkes et Christophe-Gidley, il a fait breveter un nouveau procédé de traitement des déchets. A cet effet, il les réduit en poudrette, les mélange soit avec du goudron de bois, soit avec la térébenthine brute, soit enfin de préférence avec le produit américain connu sous le nom d'huile de pin.

Au bout de quelques jours de macération, l'excès de matière régénératrice est éliminé et la nouvelle substance est mélangée avec du caoutchouc sain.

Dans un même ordre d'idées, on a tenté l'emploi de résidus de pétrole, d'huiles végétales communes sous pression et à une température voisine de l'ébullition.

Pour certains usages spéciaux, ces matières peuvent avoir leur utilité, mais ce n'est plus de caoutchouc qu'il s'agit en ce cas, c'est d'une variété de *factices* dont nous traiterons ailleurs.

Quoiqu'il en soit, il est un point acquis actuellement. *S'il est possible de désulfurer partiellement le caoutchouc vulcanisé, cette désulfuration n'est jamais entière et la partie chimiquement com-*

binée avec 1 $^1/_2$ à 2 % de soufre reste toujours intacte. En un mot, on ne connaît pas encore l'agent chimique capable de provoquer par double décomposition la matière dite caoutchouc vulcanisé : la trouverait-on d'ailleurs, le but poursuivi n'en serait pas atteint, croyons-nous, car après ce travail chimique le caoutchouc ainsi obtenu aurait certainement perdu les qualités qui précisément le font rechercher.

CHAPITRE X

CAOUTCHOUC DURCI OU ÉBONITE

Observations préliminaires.

Dans l'étude théorique des phénomènes de la vulcanisation, nous avons posé en principe que la vulcanisation proprement dite n'est que la première étape d'une série de transformations subies par les hydrocarbures qui constituent le caoutchouc naturel sous l'influence de températures élevées en présence du soufre en excès, et que la réaction virtuellement terminale de ces transformations successives et graduées a pour résultat la formation du caoutchouc durci ou ébonite.

De l'observation attentive des faits qui vont suivre ressortira, nous le croyons du moins, la confirmation pleine et entière de l'exactitude de cette théorie ; mais nous croyons ne pas devoir anticiper : nous suivrons dans cette nouvelle étude la même marche que précédemment.

Le lecteur sait déjà que c'est à Goodyear également qu'est due la découverte de la production du caoutchouc durci ou du *durci* comme on l'appelle communément dans l'industrie spéciale. En 1852 il communiqua le résultat de ses investigations : en employant une proportion plus considérable de soufre et en élevant davantage la température, le caoutchouc acquérait l'élasticité et la dureté de la corne et de la baleine, et par l'addition d'autres substances minérales telles que la magnésie, le blanc de zinc, la craie, etc., on arrivait à le transformer en une matière capable de remplacer les objets manufacturés qu'on n'avait encore pu confectionner qu'avec la corne, l'ivoire, les métaux ou le cuir.

La fabrication de l'ébonite prit dès lors un essor très rapide et l'industrie produisit avec la nouvelle matière des objets de première nécessité aussi bien que de luxe, voire même des outils.

Une réaction néanmoins se produisit vers 1870 et la consommation se détourna de l'ébonite au point que ce produit tomba dans le discrédit le plus complet.

Les raisons principales en sont aisées à comprendre.

A la suite de circonstances douloureuses sur lesquelles il serait

inutile et inopportun d'insister ici, la mode négligea à cette époque ces objets de pure fantaisie et de luxe. D'un autre côté, les applications chaque jour plus nombreuses du caoutchouc brut en élevèlent tellement les prix que les ustensiles en durci, quoique d'une valeur supérieure à l'usage, ne purent supporter la concurrence avec les articles fabriqués avec d'autres matières moins solides et moins résistantes, mais d'un prix moins élevé. Cette cherté de la matière première amena d'ailleurs les industriels aux abois à charger leur fabrication de matières inertes en proportions telles que la qualité de la marchandise, au lieu de posséder une réelle supériorité sur les articles similaires, leur était souvent inférieure sous tous rapports.

On est revenu aujourd'hui à des errements moins funestes pour cette branche de l'industrie et l'ébonite recommence à prendre faveur auprès de la consommation. Mais à l'avenir il ne faudra jamais perdre de vue qu'une matière qui n'est pas absolument indispensable dans la pratique journalière ne peut espérer fournir une longue carrière commerciale que par ses qualités qui devront toujours être à l'abri de toute critique.

Il ne faut plus qu'un écrivain technique puisse dire comme M. E. Donath, en 1887 que « dans les objets en caoutchouc durci, la gomme résine ne joue qu'un rôle accessoire par rapport aux substances additionnelles qui en font la base ; elle n'intervient plus comme substance élastique, mais simplement comme un liant approprié que l'on préfère à d'autres agglutinants meilleur marché, qu'en raison de sa résistance aux agents chimiques et aux dissolvants ». (*Moniteur scientifique de Quesneville*, 1887, p. 77).

Procédés de fabrication.

Heinzerling, qui jouit à juste titre d'une véritable réputation en Allemagne par sa compétence en pareille matière, s'exprimait ainsi, en 1883, au sujet des procédés mis en usage pour l'obtention du durci : « Les procédés essentiels de cette fabrication, et principalement la vulcanisation, sont considérés encore aujourd'hui avec plus ou moins de raison comme de véritables secrets. Les renseignements que l'on possède à ce sujet sont tellement contradictoires que l'on peut hardiment affirmer qu'ils s'écartent tous à un degré plus ou moins considérable de la réalité. C'est ainsi que Goodyear prend un brevet pour la cuisson ou *coction* à la température de 120 à 150°, tandis que d'autres inventeurs affirment qu'une température de 160 à 165° est indispensable. Les uns donnent une durée de cuisson de 4 à 5 heures, tandis que d'autres exigent dans le même but 8 à 12 heures. »

Toutes les gommes ne sont pas également recherchées pour ce genre spécial de fabrication et le Para caoutchouc n'est pas celui

ue l'industrie préfère. Ce n'est pas que cette matière ne jouisse des ualités requises. Comme le fait remarquer à juste titre Chapel, au ébut le Para était la seule gomme employée pour cette préparation t on établissait ainsi de très beaux produits : mais comme dans le ravail spécial du durci, l'élasticité qui est la qualité par excellence lu Para, est détruite par le fait d'une vulcanisation poussée presque oujours à sa limite extrême, on a trouvé inutile d'employer des gommes nerveuses à cet effet. Cette manière de voir a, jusqu'à un certain point, sa justification en ce qu'elle permet d'établir des produits d'un prix moins élevé ; et la plupart des industriels lui préfèrent actuellement les gommes de l'Inde et de Java. Quant aux produits africains, ils sont moins estimés : ils produisent une matière trop sèche, trop cassante.

Il serait facile d'expliquer ce dédain par les imperfections inhérentes aux modes de coagulation des gommes africaines telle qu'il a été pratiqué jusqu'à présent. Mais ces modes sont en voie de perfectionnement quotidien et nous croyons que le temps n'est pas loin où l'on viendra à une appréciation meilleure de ces matières premières.

Travail préparatoire. — Le travail proprement dit se divise comme pour les autres articles en une préparation préliminaire de la gomme consistant à ramollir, laver, sécher, mastiquer, malaxer la gomme avec le soufre et autres additions plus ou moins utiles ; pour ces opérations, les machines et outils de la vulcanisation sont plus que suffisants. Ce serait donc nous exposer à des redites fastidieuses si nous insistions sur ce point.

La seule différence à signaler et qui découle naturellement du but que l'on se propose d'atteindre, c'est que la proportion de soufre n'est plus la même ; elle est plus grande et varie suivant la nature des objets qu'on veut fabriquer. Si l'on se propose d'obtenir une marchandise encore douée d'une certaine souplesse et d'élasticité, comme la baleine factice, les cannes, etc., etc., elle doit être plus faible ; si, au contraire, on cherche à obtenir une pâte propre à l'obtention d'objets où la rigidité est d'absolue nécessité, comme pour les règles à dessiner, les disques de machines électriques, etc., la proportion de soufre doit être plus forte. La confection des peignes exige une qualité intermédiaire et la quantité de soufre doit être dosée en conséquence.

En tout cas, l'expérience a prouvé que la quantité de soufre ne doit pas être inférieure à 20 % sous peine d'avoir une réaction incomplète et de ne produire qu'un durci dépourvu des qualités requises. Comme limite extrême il ne faut jamais dépasser 35 % de soufre sous peine d'obtenir une ébonite absolument cassante.

Coction en feuilles. — Tandis que pour le caoutchouc souple la vulcanisation est le point terminal des phases de la fabrication il n'en est pas de même pour le durci, sauf quelques exceptions.

D'après Heinzerling deux méthodes se trouvent en présence : dans la première la pâte malaxée et laminée est cuite en feuilles ou baguettes de différentes épaisseurs, puis travaillée selon besoin par le tabletier à la lime, la scie, le tour, la fraise, tout comme la ba-

leine, la corne, le bois, etc., etc., selon l'objet que l'on se propose d'obtenir.

La pâte sort du malaxeur sous forme d'une plaque dont on fait varier l'épaisseur à volonté en rapprochant les cylindres à l'aide de vis de pression dont ils sont toujours pourvus, ou encore par le malaxeur Mongin dont les dispositions perfectionnées sont telles qu'une seule commande règle cet écartement d'une manière tout à fait uniforme, ce qui n'a pas toujours lieu avec les autres mélangeurs.

Pour les objets usuels, l'épaisseur est habituellement de 2 *à* 7 mm. A mesure qu'une plaque est laminée, on la découpe en tablettes de dimension voulue, par exemple de 60 cm. de longueur sur 40 cm. de largeur. Ces tablettes sont encore molles. On les recueille sur des châssis garnis de canevas mouillé et on les plonge pendant quelques instants dans de l'eau tiède, afin de les rendre plus fermes en les débarrassant de l'excès de chaleur, et pour leur permettre d'effectuer un certain retrait qui se produirait pendant la coction et qui les déformerait. Enfin, on les essuie, on les range sur des plateaux de verre ou d'étain préalablement enduits d'une légère couche de corps gras onctueux, on passe dessus pour assurer leur contact immédiat avec les plateaux, un rouleau de fer bien poli saupoudré préalablement de talc pour éviter l'adhérence et on les laisse geler pendant 24 heures dans une position horizontale. Dans cet état, les planches sont prêtes à la coction.

Celle-ci se fait à l'aide de la vapeur ou de l'air surchauffé. Pour la cuisson à la vapeur, on emploie généralement l'appareil décrit. Fig. 53.

Remarquons seulement que les châssis destinés à recevoir les tablettes sont disposés de manière que celles-ci soient toujours inclinées sous un angle de 45°. Cette inclinaison est nécessaire pour que les tablettes ne puissent s'affaisser ou couler quand la chaleur les aura ramollies et que l'eau qui s'y condensera pendant l'opération ne puisse séjourner.

On règle l'introduction de la vapeur de manière à élever très régulièrement et graduellement la température intérieure jusque 135° et, à partir de ce moment, à la soutenir ainsi pendant un temps déterminé. Quelques degrés de plus feraient brûler les matières ; quelques degrés de moins et le défaut de régularité forceraient à recommencer.

Le temps au bout duquel la température doit atteindre le degré voulu varie avec l'épaisseur des objets ; il en est de même de la durée de la cuisson à partir du moment où ce degré est atteint.

Pour des épaisseurs de 9 mm. et au dessous, la température doit arriver à 135° en deux ou trois heures, et la cuisson ne doit pas dépasser 7 heures.

Pour les épaisseurs de 10 à 12 mm. et au dessus, la température doit être élevée plus lentement au degré voulu, de 4 heures environ. Quant à la cuisson, elle doit être prolongée depuis ce moment pendant 8, 9, 10 et même 12 heures.

« Cette marge de 2 à 12 heures, fait observer un éminent industriel, « pourrait sembler assez élastique, mais il faut dire qu'aucune base fixe n'a pu jusqu'ici être établie pour la cuisson du caoutchouc durci. Ainsi on a à plusieurs reprises fait dans le même appareil des cuissons de pièces ayant les mêmes épaisseurs, formées des mêmes matières, avec les mêmes proportions de soufre, en maintenant la température et la surveillant identiquement au même degré, et l'on a obtenu après 8 heures des pièces parfaitement cuites, tandis que d'autres fois après 10 heures on avait des pièces qu'il fallait remettre à la cuisson pendant 20 minutes à 3 heures. D'ailleurs, on trouve souvent dans la même cuisson des pièces de plus fortes épaisseurs assez cuites, tandis que d'autres plus faibles ne le sont pas encore.

Quand on juge la cuisson terminée, on arrête l'arrivée de vapeur, on laisse refroidir quelque temps, puis l'on déforme, mais on ne dégarnit les châssis qu'après refroidissement complet.

Quand la cuisson a été faite à point, le caoutchouc est très résistant et d'un beau noir. Quand il n'est pas assez cuit, il est mou, sans nerf, ressemble à du cuir bouilli et a une couleur verdâtre d'autant plus intense qu'il se rapproche davantage de sa cuisson parfaite. On peut obvier à ce défaut par une nouvelle coction. Lorsque, au contraire, la cuisson a été poussée trop loin, que le durci est brûlé, il reste spongieux et ressemble à ces blocs de suie agglomérés par un vernis de brai que l'on retrouve souvent attachés aux parois de nos cheminées. Dans cet état, il est perdu irrémédiablement et n'est propre à aucun usage avouable.

Un inconvénient à signaler dans cette fabrication, est le suivant : La vapeur en se condensant dans le vulcaniseur fait retomber des gouttes d'eau sur les feuilles encore molles ; or, cette eau de condensation entraîne avec elle les lamelles de rouille provenant de la paroi intérieure du cylindre et creuse parfois des trous dans les feuilles et les tache jusque dans l'intérieur de la pâte.

Le remède proposé par Payen et consistant en une espèce de cuirasse protectrice ne nous paraît qu'un palliatif, et nous croyons qu'il serait plus utile de chercher à obvier au mal en substituant l'air surchauffé ou la vapeur sèche à l'action de la vapeur d'eau. C'est d'ailleurs un procédé employé dans nombre de cas.

Coction en moulé. — Pour certains articles, au contraire, la pâte malaxée est comprimée dans des moules pour subir ainsi la cuisson immédiate. Mais alors il se dégage souvent entre la pâte et la paroi des moules des bulles d'air qui presque toujours forment avarie. Pour y remédier, Engel propose le procédé suivant : la matière est comprimée dans le moule préalablement rempli d'un liquide susceptible de se mélanger avec le caoutchouc, comme l'huile de lin, par exemple. La compression, qu'elle s'exerce dans un sens ou dans un autre, chasse naturellement le liquide, et l'inventeur prétend ainsi éliminer toute trace de bulles d'air. Le peu d'huile que la matière pâteuse s'est incorporée ne peut nuire en rien aux opérations subséquentes, à la condition toutefois qu'il n'y ait pas excès.

Si le durci doit s'obtenir par le moulage d'une pâte très molle, de consistance peu épaisse, il y a danger de voir les articles se rompre ou se gercer pendant la coction ou au refroidissement subséquent par suite de la différence entre le coefficient de dilatation du caoutchouc et de celui des moules (laiton, zinc, etc.)

On ne doit donc procéder à la coction dans les moules que s'il s'agit d'objets de peu d'épaisseur, creux, ou bien encore s'ils n'exigent pas un glaçage parfait à la surface. Si l'objet durci directement dans un moule est plus épais, il présentera alternativement à sa surface des creux et des saillies : on y remédie bien, à la vérité, en protégeant la pâte avant la coction par une feuille d'étain, mais il y a néanmoins des inégalités qu'il est indispensable de corriger au rabot, à la lime, etc., si on veut leur donner une véritable valeur marchande.

En tous cas, les durcis moulés doivent toujours être polis après coup ; c'est donc une dépense de temps, et partant, une élévation considérable du prix de revient.

D'un autre côté il est difficile de polir des façonnés.

Procédé Cowper. — Pour obvier à ces inconvenients, Cowper a proposé le procédé suivant : Les objets à durcir placés dans leurs moules en laiton ou en zinc sont exposés pendant un temps variant entre 1/2 à 3 heures, à l'action de la vapeur ou d'un courant d'air chaud. La température et la durée varient selon les proportions de soufre et de gomme constituant le mélange.

Si les proportions de soufre atteignent 1 pour 2 de gomme, Cowper recommande une première cuisson de 1 heure à une température de 148° C. Si, au contraire, la quantité du soufre est plus faible, la cuisson devra se prolonger ; de même si la température dépasse 148° C la durée de la coction devra être abrégée.

Après cette première opération, on abandonne les moules au refroidissement, puis on démoule les objets qui ne sont encore qu'imparfaitement durcis. Tous les défauts, bulles, creux, aspérités, inégalités, sont apparents en cet état et le manipulateur les recouvre d'abord d'une légère couche de caoutchouc dissous pour y souder ensuite la pâte durcissable nécessaire à la correction. On replace alors les objets corrigés dans les moules où on leur donne un fort serrage et on reprend la cuisson pendant 1/2 à 3 heures à une température déterminée selon le cas.

Si la cuisson a lieu au bain de vapeur humide, il faut se garder de laisser pénétrer l'eau dans les moules qui exigent dès lors une fermeture hermétique.

Cette deuxième chauffe ne donne pas encore le durci parfait, on démoule les articles ainsi préparés pour les passer à une nouvelle inspection : s'il y a encore des défectuosités, elles sont corrigées comme précédemment et cuites à nouveau dans les moules. Quant aux marchandises exemptes de défauts, elles sont enfournées sans moules cette fois dans un étuve hermétiquement fermée et la cuisson terminale se fait dans un laps de temps pouvant varier de 6 à 8 heures. Une main un peu exercée peut confectionner ainsi les sujets de dimensions restreintes en une seule recuite, tandis que

ceux de dimensions plus considérables, quelque soit l'habileté de l'ouvrier, nécessitent presque toujours deux retouches, et partant, deux recuites.

Malgré cela, les pièces ont, au sortir de la chaudière, un aspect terne et présentent des bavures. Il faut donc ébarber avec l'ébarboir ou à la lime et, s'il y a piqûre, combler les lacunes avec la gomme laque. Puis on ponce à l'émeri ou à la pierre ponce huilée, et finalement on polit s'il y a lieu au tour sur des rondelles en feutre.

Pour les articles qui exigent une surface d'un poli plus parfait ou qui doivent recevoir un dessin spécial un peu délicat, Cowper se sert de deux moules différents : dans le premier s'opère la première cuisson préparatoire au sortir duquel l'objet subit les corrections et retouches reconnues nécessaires.

Lorsque la masse ainsi disposée a acquis les 3/4 environ de la dureté désirée, on se sert du second moule dans l'intérieur duquel sont gravés les dessins plus délicats, l'article y est convenablement comprimé et on termine la cuisson.

Procédé Otto et Traun. — H. Otto et M. Traun durcissent le caoutchouc dans des moules en verre dont la surface intérieure est taillée en mat. Les articles, unis ou façonnés, obtenus par ce procédé auraient, d'après les inventeurs, une texture parfaitement homogène et ne nécessiteraient aucune correction. Les feuilles de durci obtenues sur glaces auraient le brillant et l'uni du verre taillé et sortiraient de l'appareil à coction avec un éclat d'un noir intense auquel aucun procédé connu n'aurait pu arriver à ce jour.

Caoutchouc durci en poudrette.

L'ébonite réduite en poudre par la râpe sert de soudure sous certaines conditions pour assembler les différentes faces des boîtes et des coffrets.

On l'emploie ainsi journellement pour produire par le moulage et la compression une foule d'objets de formes compliquées ou délicates, tels que statuettes, broches, poignées d'ombrelles, de parapluies, manches de couteau façon corne de cerf, ornements de cadres, etc, etc. En s'agglomérant sous l'influence de la pression et de la chaleur, les grains de cette poudre forment une matière cohérente qui épouse parfaitement toutes les délicatesses des moules, et qu'on peut enjoliver d'incrustations métalliques et autres, absolument comme l'écaille (Maigne).

Nous ne voulons pas quitter ce sujet sans parler de *la coloration artificielle du durci* : les quelques lignes que nous consacrerons à ce sujet sont extraites textuellement du livre de M. Chapel.

« Les Américains, dit cet auteur sont parvenus, paraît-il, à colorer « superficiellement le durci par deux procédés que nous qualifie- « rons l'un de *saupoudrage*, l'autre de *placage*.

« Le premier moyen consiste à saupoudrer les parois du moule « avec la matière cohérente réduite en poudre très fine, puis on pro- « cède au moulage et à la vulcanisation. Par le second moyen, on « recouvre l'objet lui-même d'une feuille de caoutchouc coloré après « avoir eu soin de le mouler sous presse pour lui faire prendre les « empreintes du moule dans lequel on le replace pour le vulcaniser. « A ce sujet, nous nous sommes livré récemment à des essais qui « nous ont donné des résultats assez satisfaisants pour que nous « puissions mentionner ici la nature de nos recherches.

« Nous avons essayé d'émailler le caoutchouc durci par le pro- « cédé Brianchon, procédé qui eut un très grand succès dans les arts « de la céramique il y a une trentaine d'années. On sait que cet in- « venteur était parvenu à donner à la porcelaine les reflets multi- « colores de la nacre au moyen d'une composition dont le nitrate « de bismuth, la résine et l'essence de Venise formaient la base.

« Nous avons recouvert de petit cubes de caoutchouc durci avec « du vernis et nous avons introduit un échantillon dans un four « de décorateur sur porcelaine : nous les y avons laissé pendant « 10 minutes à une température d'environ 300° et nous avons obte- « nu un brillant du plus bel effet et d'une solidité parfaite. Pendant « cette opération la chaleur n'avait nullement altéré les cubes dont « les arêtes avaient conservé toute leur netteté.

« Cet émaillage pourra recevoir, croyons-nous, d'utiles applica- « tions et permettra d'obtenir des pièces colorées, si l'on a soin d'in- « corporer dans le vernis des oxydes métalliques de la nature de « ceux que l'on emploie pour décorer la porcelaine. »

Caoutchouc demi-durci.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de ce produit spécial qu'on obtient en diminuant la proportion du soufre dans le mélange en même temps qu'on ne pousse pas la température aussi loin. Il répond à un besoin limité, lorsque l'ouvrier ne recherche pas une rigidité absolue dans la matière.

On prépare ainsi des sujets qui, tout en ayant un grain assez serré et une très grande résistance, possèdent cependant encore une élasticité relative. Enfin, certains articles doivent être établis de manière à présenter une grande souplesse en quelques points, tandis que d'autres parties doivent rester très résistantes et très dures. On obtient le résultat en faisant alterner successivement les parties souples avec les parties dures. Afin d'éviter que les parties souples ne durcissent pendant la coction, on emploie des mélanges à 3 ou 4 °/₀ de soufre seulement ; elles peuvent subir une cuisson très longue sans s'altérer.

Propriétés du caoutchouc durci.

L'ébonite se rapproche beaucoup par plusieurs de ses propriétés du bois, de la corne et de l'ivoire. Son poli leur est supérieur et on le préfère de beaucoup dans la fabrication des peignes et démêloirs à la corne, parce que elle supporte mieux que celle-ci l'action épuratrice de l'eau chaude qui ne la rend pas rude au toucher et ne l'expose pas comme cette dernière à se fendiller.

Même par un usage prolongé, les dents de ces objets de toilette restent suffisamment lisses et un durci de bonne qualité est assez élastique pour ne pas briser sous un effort de flexion assez marqué. C'est un corps éminemment apte à développer l'électricité statique par le frottement, et il justifie ainsi son emploi dans la confection des disques pour machines électriques. Ses propriétés diélectriques sont d'ailleurs connues et expliquent son emploi comme isolants pour câbles et appareils où l'électricité joue un rôle prépondérant. Il résiste admirablement à l'action des acides énergiques, comme les acide sulfurique, chlorhydrique et justifie ainsi l'application qu'on en a fait dans la construction de pompes, de robinets et de tuyaux spécialement destinés à la manutention des liquides corrosifs.

Sa rigidité à la température ordinaire permet d'en faire des règles, des équerres, des navettes, des boutons, etc. Sa couleur, d'un noir intense aidée du poli naturel dont elle est douée, permet d'en confectionner des objets de parures et de luxe d'un prix relativement bas.

Elle est insoluble dans les dissolvants ordinaires du caoutchouc brut et du caoutchouc vulcanisé : seuls le sulfure de carbone et les hydrocarbures de la houille sont susceptibles de la gonfler légèrement.

Elle possède au plus haut point la propriété de se dilater. Kohlrausch, en déterminant son coefficient de dilatation, trouva qu'il était trois fois celui du zinc.

Pour 1° centrigrade, l'ébonite se dilate de

0,0000770 si l'expérience a été faite entre 16°7 et 25°3.
0,0000842 » » » 25°3 et 35°4

d'où l'on peut conclure que ce coefficient augmente avec la température.

Deux bandes, l'une en fer blanc, l'autre en ébonite soudées ensemble se déjettent sensiblement, même sous l'influence d'une température légèrement relevée. Il en est de même de l'ivoire : une petite lamelle de 20 cm de cette matière accolée avec une lamelle d'ébonite par l'intermédiaire d'un peu d'ichtyocolle deviennent ainsi un excellent thermomètre sans qu'il soit besoin d'une échelle thermique : la partie terminale non collée s'allonge de plusieurs milli-

mètres pour chaque 1° d'élévation de température. Une simple plaque en ébonite démontre d'ailleurs la propriété singulière de cette matière de voiler et de se déjeter sous l'influence d'une température inégalement répartie dans la masse. Si l'on chauffe un seul côté de cette plaque, immédiatement elle voilera d'une façon sensible.

Les coefficients donnés plus haut indiquent d'ailleurs que l'ébonite possède un pouvoir de dilatation égal à celui du mercure si l'on prend comme point de départ + 0° ; si le point de départ est plus élevé ce pouvoir est même plus considérable.

Telles sont les propriétés saillantes de cette matière que nous considérons comme le dernier échelon et le produit définitif de l'action du soufre en quantité suffisante et sous l'influence d'une température déterminée sur la gomme élastique naturelle ou normale.

Les propriétés physiques et chimiques de cette matière n'ont plus rien qui ressemble au produit naturel et primitif. La gomme, telle que l'importation la livre au commerce, est excessivement altérable sous l'influence des agents atmosphériques : le vulcanisé l'est moins, l'ébonite ne l'est plus du tout et si la chaleur seule semble encore avoir quelque pouvoir sur elle, les effets sont diamétralement opposés si l'on considère le point de départ et le point d'arrivée. La gomme naturelle fournit aux températures élevées des produits volatiles et liquides de diverses densités et de diverses compositions : l'ébonite ne donne qu'un produit final, le carbone. Enfin, si le caoutchouc normal a une odeur sui généris peu prononcée la plupart du temps, si le caoutchouc souple ou vulcanisé se reconnaît facilement par son odeur toute spéciale dont il est difficile de l'en débarrasser définitivement, le durci, est complètement inodore quoique la proportion de soufre soit infiniment plus forte. C'est là encore un des arguments les plus puissants à invoquer en faveur de notre théorie de la vulcanisation.

Il en est de même de la propriété du durci de ne produire avec le temps ni efflorescence d'aucune sorte, propriété spéciale au caoutchouc vulcanisé, ni de matière résineuse poissante, propriété de la gomme naturelle.

CHAPITRE XI

CONSIDÉRATIONS SUR LA MINÉRALISATION ET AUTRES MÉLANGES. COLORATION ET TEINTURE. ANALYSE DU CAOUTCHOUC NATUREL, NORMAL ET VULCANISÉ.

Observations préliminaires.

Dans le chapitre III nous avons suffisamment insisté sur les impuretés et les matières inertes que le caoutchouc commercial peut contenir soit accidentellement, soit dans un but frauduleux. Mais la gomme normale, c'est-à-dire suffisamment épurée par une manutention spéciale pour pouvoir servir à la fabrication des articles techniques, ou pour subir les diverses phases de transformations aboutissant au vulcanisé et à l'ébonite, ne saurait pas toujours convenir seule aux divers et nombreux usages auxquels elle est destinée. Il y a même des cas où une gomme naturelle d'une seule origine ne saurait convenir pour les services qu'on en attend, et il faut recourir au mélange de gommes de diverses provenances. C'est ainsi que, pour préparer des articles blancs, très élastiques, on mélangera souvent du Para avec du Madagascar et du beau Bornéo. Pour atténuer un prix, on mélangera avec une sorte inférieure ; les déchets de gomme normale servent souvent dans ce cas et sans inconvénient.

Il est donc nécessaire que l'industriel, selon les divers emplois qu'il se propose d'en faire, donne à sa matière des propriétés nouvelles qu'elle ne possède pas naturellement. Nous avons déjà vu comment l'incorporation du soufre ou de ses dérivés, parvient à modifier plus ou moins profondément la nature du produit normal et il est inutile d'y revenir.

Mais pour donner à la matière un degré de consistance plus ou moins élevé, pour la colorer diversement, pour lui donner enfin lus ou moins de poids et permettre ainsi d'établir des articles d'un rix moins élevé, on y incorpore une série illimitée de substances, les unes utiles au point de vue technique, les autres ne ervant qu'à charger le produit manufacturé, le plus souvent même u détriment de la qualité et de la durée.

« Les nombreuses compositions que l'on prépare ainsi, dit Chael, font l'objet de recettes que chaque fabricant conserve dans le lus grand secret. Il ne suffit pas de connaître les substances qui ntrent dans la composition d'un mélange déterminé pour obtenir

un produit semblable, il y a des proportions à observer ; même avec de nombreux tâtonnements, il est sinon impossible, du moins très difficile d'arriver à imiter un produit tant qu'on n'est pas parvenu à déterminer les quantités exactes des substances entrant dans sa composition et les détails relatifs à la vulcanisation. »

Nous allons donc énumérer les principales substances employées par l'industrie dans un but ou un autre ; nous ferons remarquer toutefois que pour augmenter la dureté et l'élasticité on se sert principalement de gutta-percha, *de corrongit*, de balata et de colophane, mais ce dernier corps seulement en quantité limitée, tandis que nombre d'autres produits comme la craie, le plâtre, la magnésie calcinée, l'asphalte, le goudron de houille ne servent qu'à augmenter la masse au détriment de la qualité. La magnésie cependant jouit plus que toute autre addition de la propriété de durcir la gomme.

On peut ainsi incorporer à la gomme jusqu'à 80 % de corps étrangers à l'état de poudre impalpable sans la rendre impropre à certains usages déterminés.

C'est dans le caoutchouc vulcanisé que ces additions trouvent actuellement leur emploi principal et le mélange se fait presque toujours au malaxage en même temps que l'addition du soufre ou des sulfures métalliques.

TABLEAU DES MATIÈRES TANT MINÉRALES QU'ORGANIQUES QUI PEUVENT SE TROUVER INCORPORÉES AU CAOUTCHOUC

Gutta-percha.	Gélatine.	Goudron.
Balata.	Colle.	Poix
Gomme laque.	Caséine.	Minium.
Gomme arabique.	Dextrine.	Litharge.
Paraffine.	Collodion.	Oxyde de fer.
Stéarine.	Emeri.	— de chrôme.
Savon.	Terre pulvérisée.	— de cuivre.
Talc.	Argile.	— de zinc.
Amianthe.	Chaux caustique.	Sels de zinc.
Carbonate de magnésie.	Chaux éteinte.	Sels de tungstène.
Sulfate de magnésie.	Craie.	Liège.
Charbon.	Gypse.	Sciure de bois.
Noir de fumée.	Plâtre.	Ouate.
Coteck.	Amidon.	Bourre de coton.
Graphite.	Fucus.	Camphre.
Sulfate de baryte.	Huile de navette.	Vernis.
Albumine.	Asphalte.	Déchets de cuir.
Fibrine.	Bitume.	

Nous verrons lorsque dans un autre volume nous traiterons de la fabrication des articles techniques que nombre de ces substances trouveront une application utile dans certains cas déterminés et que d'autres servent principalement à la confection des matières premières dites *factices*, destinées à servir de succédanés au caoutchouc pour obtenir des produits manufacturés d'un prix moins élevé.

Coloration et teinture.

Il ne nous reste donc actuellement qu'à parler des matières ajoutées pour colorer le caoutchouc normal tout aussi bien que le vulcanisé. Nous nous servirons à cet effet du travail de M. Maigne, qui s'est tout particulièrement occupé à résumer les faits connus à ce jour.

« On communique souvent au caoutchouc des teintes artificielles afin d'en varier l'aspect ou de produire des effets plus ou moins artistiques. On obtient ce résultat de deux manières, tantôt en mélangeant au caoutchouc en pâte ou en dissolution des matières minérales réduites en poudre impalpable, soit en le traitant par les procédés de la teinture.

Les poudres employées le plus fréquemment sont les suivantes :

Le Vermillon, le minium, la mine orange pour les rouges ;
L'orangé de mars, pour le rouge orange.
L'outremer artificiel, le bleu de Prusse pour les bleus ;
Le blanc de zinc, le blanc d'argent pour les blancs ;
Le vert Guignet, le vert de chrôme, le vert de Schcele, de Brunswick, de Schweinfurth, le vert métis, l'acétate de cuivre pour les verts :
L'ocre jaune, le jaune de chrôme, l'oxyde d'uranium, le chromate de zinc (jaune bouton d'or) pour les jaunes ;
Le noir d'ivoire, d'os, de fumée pour les noirs.

Jusqu'à présent, la teinture proprement dite n'a guère été réalisée d'une manière satisfaisante qu'au moyen de l'orcanette et des couleurs d'aniline. Il faut, en effet, opérer sur des substances solubles dans l'un des véhicules qui dissolvent le caoutchouc et ces substances ne sont pas communes.

Pour atténuer ces inconvénients, Lightfood a proposé de teindre le caoutchouc en le recouvrant préalablement d'une couche de gélatine qui remplirait ainsi le rôle de mordant.

Dans l'un de ses brevets Parkes parle ainsi de la teinture du caoutchouc :

Pour teindre en noir le caoutchouc on le fait chauffer pendant un quart à une demi heure dans la préparation suivante : 500 gr de sulfate de cuivre qu'on dissout dans 4 à 5 litres d'eau, 500 gr d'ammoniaque ou de chlorhydrate de cette base : ou bien on le fait bouillir dans 500 gr de sulfate acide ou bisulfate de potasse et 250 gr de sulfate de cuivre dissous dans la même quantité d'eau.

Pour teindre ces mêmes substances en vert, on prend 500 gr de chlorhydrate d'ammoniaque, 510 gr de sulfate de cuivre, 1 kg de chaux caustique et 4 à 5 litres d'eau et on fait bouillir d'un quart à une demie heure.

Autres recettes anglaises : Pour teindre en noir, on fait bouillir un quart à une demie heure dans le bain suivant :

Sulfate de cuivre	500 grammes
Sel ammoniaque ou ammoniaque	500 —
Chaux caustique	500 —
Eau	5kg

ou bien :

Sulfate potasse neutre ou acide	500 grammes
Sulfate de cuivre	250 —
Eau	5kg

Pour vert, on fait bouillir le caoutchouc pendant un quart à une demi-heure dans le bain suivant :

Sel ammoniac	500 grammes
Sulfate de cuivre	250 —
Chaux vive	1kg
Eau	5

Pour lilas, bouillir un quart à une demie-heure dans

Sulfate de potasse	500 grammes
— de cuivre	125 —
— d'Indigo	125 —
Eau	5kg

Quel que soit le procédé qu'on emploie, il faut bien se garder de se servir de couleurs vénéneuses pour les objets destinés à être fréquemment maniés, comme les jouets d'enfants, ou à être mis en contact avec nos organes respiratoires. Telles sont celles dans la composition desquelles il entre du cuivre, du plomb, du mercure ou de l'arsenic. Dans ce cas, il est absolument indispensable de se servir de couleurs inoffensives, telles que les suivantes :

Couleurs bleues : indigo, outremer Guimet.
Couleurs blanches : blanc de zinc non arsenical.
Couleurs rouges : cochenille et laques, orseille ;
Couleurs jaunes : graines de Perse, quercitron, curcuma, fustel et laques, cire jaune, chromate de zinc ou de magnésie.
Couleurs vertes : vert Guignet, mélange de couleurs jaunes et bleues ci-dessus.
Couleurs noires : charbon sous toutes ses variétés.
Couleurs lilas : mélange de cochenille ammoniacale et outremer.
Couleurs brunes : terre de Sienne et noir de fumée.

Citons encore les laques d'*Eosine*. Comme on le sait, ces belles matières colorantes résultent de la combinaison de l'éosine avec l'oxyde de zinc. Additionnées de chromate de zinc en différentes proportions, elles donnent des couleurs franches pouvant remplacer le minium et le jaune de chrome. Enfin avec l'outremer, elles

fournissent des violets plus ou moins intenses. Toutes ces couleurs résistent parfaitement à la lumière et à la chaleur. On peut les incorporer dans la pâte du caoutchouc, puis soumettre celle-ci à la température nécessaire pour la vulcanisation sans qu'elle éprouve la moindre altération. »

Pour la coloration du durci, nous avons donné à la fin du chapitre traitant de cette matière les détails suffisants pour qu'il soit inutile d'y revenir.

Pour terminer ce paragraphe et n'avoir pas besoin de revenir sur les matières toxiques rentrant souvent dans les mélanges techniques, rappelons que Tollens a recueilli un certain nombre de faits qui prouvent l'influence malsaine des tubes, bouts de sein, bouts de biberons, joints, etc., chargés d'une quantité notable d'oxyde de zinc. Il pense également que le caoutchouc employé à la fabrication de chirurgie dentaire n'est pas non plus toujours exempt de compositions défectueuses à cet égard. A l'appui, il cite la composition d'un caoutchouc blanc employé par certains dentistes :

Oxyde de zinc	43,96 °/₀
Craie	0,62 »
Oxyde de fer	traces
Soufre	26,60 »
Caoutchouc	28,82 »

Le cinabre entre aussi quelquefois dans des mélanges de cette catégorie ; mais cette matière est de tous les composés mercuriels celui qui paraît le plus inoffensif.

Méthodes d'analyse du Caoutchouc.

Jusqu'en 1883, aucun auteur ne s'était encore préoccupé de donner une méthode d'analyse, soit du caoutchouc brut, soit du caoutchouc ayant subi les transformations industrielles que nous venons de passer en revue.

A cette époque Heinzerling tenta l'entreprise : son travail malheureusement n'est pas complet et, s'il omet certains détails, comme par exemple la détermination de la gomme oxydée dans le caoutchouc brut commercial, ce qui a certainement son importance, il insiste ailleurs sur certains procédés d'analyse du caoutchouc transformé qui ne prouvent absolument rien s'ils restent isolés et s'ils ne se trouvent coordonnés avec d'autres. C'est ainsi que la détermination du poids spécifique du caoutchouc vulcanisé ou minéralisé sans une analyse qualitative au moins n'a aucune signification ; une gomme technique pouvant être mélangée aussi bien avec du liège râpé qu'avec du spath pesant : le poids spécifique du premier pourra donc être infiniment plus rapproché de celui de la substance naturelle tout en contenant une quantité de caoutchouc

réel de beaucoup inférieure à celle du second dont la densité sera plus considérable avec une teneur en caoutchouc bien supérieure.

Il avoue d'ailleurs de bonne grâce l'imperfection de sa méthode en constatant qu'elle suffit bien pour déterminer approximativement la quantité de matières minérales qui entrent dans un mélange, mais qu'elle n'est pas concluante puisqu'elle ne saurait donner aucun renseignement sur un mélange où le caoutchouc aura perdu une partie de ses qualités par une addition de substances d'un poids égal ou inférieur à 1,0, ou bien dans les cas où par ces mêmes additions le mélange aura acquis un volume plus considérable que celui que le vulcanisé seul aurait présenté.

Parmi les additions il faut signaler tout spécialement : l'huile de lin cuite, la paraffine et d'autres dérivés des corps gras dont l'emploi tend à devenir chaque jour de plus en plus considérable dans cette fabrication. Il est déjà bien difficile de découvrir la présence d'un de ces corps par l'analyse qualitative ; quant à la détermination exacte des quantités employées, Heinzerling trouve la difficulté insurmontable.

E. Donath, en 1887, s'occupa, non sans succès, du même travail en ce qui regarde plus spécialement le caoutchouc vulcanisé.

Nous aidant des travaux des savants qui se sont occupés de cette question et les complétant quand il y a possibilité, nous essaierons d'établir une méthode générale aussi complète que nous permet l'état actuel de la science. Ce n'est pas que nous nous fassions grande illusion, dans le commerce et l'industrie en général on fait peu de cas des déterminations scientifiques : s'il s'agit de matières brutes, l'acheteur se fie généralement à sa propre expérience ; il juge la gomme *de visu*, et dut-il avoir cent fois tort, il n'avouera s'être trompé que quand il sera trop tard. Dût-il d'ailleurs n'avoir point de ces idées préconçues, il n'aura pas toujours le temps de recourir à l'intervention d'un chimiste et lorsque l'analyse d'un lot sera faite, ce lot sera souvent entre des mains rivales. Pour les matières transformées industriellement, c'est sur la réputation de telle ou telle maison que l'acheteur se base pour faire l'acquisition d'un objet déterminé. L'analyse est coûteuse et longue : à quoi bon y recourir puisque l'habileté et la probité du producteur lui sont connues.

Mais il y a une autre catégorie de personnes qu'une méthode d'analyse aussi simple et aussi rapide que possible intéresse au plus haut degré : ce sont les industriels qui veulent transformer la matière brute en produits manufacturés dans des conditions telles qu'ils puissent soutenir avantageusement cette lutte pacifique, mais continuelle, sans trêve et sans merci qu'on appelle la concurrence tant étrangère que locale. Pour ceux-ci l'étude que nous entreprenons aura une utilité incontestable et nous serions heureux si notre travail pouvait leur être de quelqu'avantage.

Analyse du caoutchouc brut commercial. — Dans le tableau synthétique des principales variétés commerciales de caoutchouc, qui se trouve à la fin du chapitre IV, nous avons consacré quelques colonnes aux principaux caractères physiques propres à chacune de

ces variétés. Ces renseignements sommaires ont certainement leur utilité, mais ils ne peuvent suffire lorsqu'il s'agit de préciser et de renseigner l'industriel sur les services qu'il peut demander à tel ou tel lot de gomme qu'il veut transformer. Quels sont donc les principaux points sur lesquels il importe de l'éclairer? La réponse est courte et précise. Il faut déterminer : 1° la quantité d'eau interposée dans les pores de la gomme et voir si elle ne dépasse pas la quantité normale ; 2° la quantité des matières inertes minérales incorporées intentionnellement ou accidentellement ; 3° la somme des matières organiques étrangères à la gomme et de même provenance que les matières minérales ; 4° la quantité de corps organiques ou inorganiques provenant principalement des méthodes de coagulation, 5° la quantité de gomme oxydée, c'est-à-dire ayant perdu les propriétés indispensables aux emplois industriels ; 6° la quantité et la nature des cendres qu'un poids déterminé de matière peut fournir à l'incinération ; 7° la somme de résistance fournie par l'espèce sous un effort déterminé.

Un examen au microscope pourra d'ailleurs compléter cette analyse et fournir tels renseignements utiles sur l'origine d'une gomme que l'analyse directe n'aurait pu donner que difficilement.

Prise d'Échantillons. — La grande difficulté dans l'examen que nous nous proposons de faire est le choix d'un échantillon exact. Le procédé qui nous paraît atteindre le but dans les meilleures conditions possibles consiste : 1° à prélever différentes parties tant de l'intérieur que de l'extérieur des pains ou blocs soumis à l'analyse ;

2° A soumettre ces fragments à un déchiquetage et un laminage suffisant et à prélever de l'ensemble obtenu quelques échantillons pris sur différents points, de manière à obtenir un bon échantillon moyen.

Détermination de l'eau d'interposition. — Cette opération est délicate, parce que le caoutchouc retient toujours dans ses pores une quantité d'eau que nous appellerons normale, et qui se trouve même dans les espèces les plus pures. Cette eau n'est même pas éliminée par une dessiccation prolongée à + 100°. Elle peut être évaluée à environ 5 %. Voici comment nous procéderons : L'échantillon réduit en une feuille aussi mince que possible par un passage à froid dans les cylindres lamineurs est pesé, puis porté sur un verre de montre dans l'étuve à air chaud et soumis à la dessiccation à la température de 110 à 120° jusqu'à ce qu'il n'accuse plus de perte à la balance. En prenant quelques précautions, on arrive ainsi au bout de deux heures environ à déterminer la quantité totale de l'eau d'interposition. Ces précautions sont celles indiquées par Heinzerling : prendre deux verres de montre travaillés à la meule, pour faire joint hermétique et pouvant se relier par une bague en caoutchouc.

Les feuillets laminés de caoutchouc sont placés sur un de ces verres et portés en cet état à l'étuve. Au bout d'une heure, on retire l'échantillon avec le verre et après avoir recouvert avec le second, on place la ligature en caoutchouc. Le tout est porté sur l'appareil

dit dessiccateur à froid jusqu'à complet refroidissement, après quoi l'on procède à la pesée ; l'on recommence d'ailleurs jusqu'à ce qu'il n'y ait plus perte accusée par la balance. La perte constatée constitue, croyons-nous, la quantité totale de l'eau d'interposition : si nous la désignons par P nous aurons donc en défalquant 5 % d'eau normale dans toute gomme naturelle quelle qu'elle soit.

$$\text{Eau} = (P - 5\ \%)$$

L'échantillon ainsi traité est mis de côté, il nous servira ultérieurement.

Détermination des matières inertes végétales et minérales. — Il est bien entendu que nous n'entendons pas par là la détermination des fragments de bois et de pierres, d'un certain volume, que l'on rencontre souvent dans certains blocs. L'analyse quantitative n'est guère possible dans ce cas, et l'examen à l'œil nu des blocs plusieurs fois sectionnés est suffisante pour un praticien quelque peu exercé.

Il ne s'agit ici que de mélanges avec du sable, de l'argile et de débris végétaux assez ténus pour échapper à l'appréciation *de visu*. 10 grammes de gomme laminée comme il a été dit sont dissous à une température de 40 à 55°, dans l'huile de térébenthine ou le benzol. La partie insoluble recueillie sur un filtre est lavée à plusieurs reprises avec le même véhicule jusqu'à ce qu'il ne laisse plus trace de résidu gommeux à l'évaporation. Un lavage au chloroforme ou à l'éther écartera la térébenthine ou le benzol. Le résidu est séché et pesé. La différence de poids donnera la somme de matières organiques et inorganiques contenues dans l'échantillon. En incinérant convenablement ce résidu on obtient par différence la quantité de matières organiques et de matières minérales séparées.

Si parfois l'industriel veut seulement constater la quantité pondérale d'additions minérales, une simple incinération de la gomme dans un creuset de platine suffit. Il est cependant nécessaire de faire remarquer que pour obtenir une cendre minérale parfaite exempte de carbone provenant de la combustion incomplète de la matière organique, il est indispensable qu'après une incinération prolongée on ajoute à la masse rougie quelques parcelles de nitrate d'ammoniaque. A cet effet, il faut opérer avec infiniment de précautions et incliner légèrement le creuset. Les résultats fournis par cette deuxième méthode sommaire ne sont pas d'une exactitude rigoureuse : la somme des cendres impliquera les matières salines telles qu'alun, chlorure de sodium, etc., provenant du mode de coagulation. Nous ne parlons même pas des résidus minéraux produits par la constitution intime de la gomme elle-même : ils sont quantité négligeable à moins qu'il s'agisse de déterminer par l'analyse la provenance exacte d'une espèce. Nous en avons traité en temps et lieu.

Détermination des corps organiques et inorganiques provenant principalement du mode de coagulation. — Si l'opérateur veut pousser plus loin son investigation et préciser, par exemple, la

somme des matières acides ou salines organiques ou inorganiques que contient le caoutchouc soumis à l'analyse, il reprendra l'échantillon déjà deshydraté que nous avons mis de côté et dont la teneur en eau nous est connue et le soumettra, dans un petit madras, à une ébullition prolongée dans l'eau distillée. La matière filtrée et lavée à plusieurs reprises, puis séchée à l'étuve à air chaud avec les mêmes précautions que précédemment, et enfin pesée, donnera la perte en matières solubles et cette perte P′ sera, si l'on représente la perte en eau par (P — 5), par C le poids initial et enfin par C′ le poids trouvé actuellement,

$$P' = C - (C' - (P - 5)).$$

Une analyse qualitative ou quantitative de l'eau de lavage réunie à l'eau de la première ébullition fournira au besoin les indications sur la mixture des sels et acides éliminés.

Détermination de la gomme oxydée. — Cette détermination, que nous considérons comme très importante pour certaines espèces fort chargées de cette matière souvent si préjudiciable au nerf du caoutchouc, se fait de la manière suivante : On prend un poids équivalent à celui qui a été prélevé pour le dosage de l'eau et on le traite par l'alcool à 90°, en ébullition pendant une demi-heure. Le résidu, jeté sur un filtre, est lavé à l'eau bouillante à plusieurs reprises, puis porté comme précédemment à l'étuve et séché à 120° jusqu'à ce qu'il n'y ait plus perte de poids. Si nous représentons la gomme oxydée par P″ et le poids trouvé par C″ nous aurons

$$P'' = C - (C'' - (C' - (P - 5))).$$

L'évaporation du liquide alcoolique et son traitement approprié fournit d'ailleurs les indications sur la nature et au besoin sur la quantité des matières ainsi éliminées.

Nous entrerions dans le domaine de la science analytique pure si nous insistions davantage ; nous croyons donc devoir nous arrêter ici.

Analyse du caoutchouc vulcanisé.

De tous les phénomènes constatés dans l'étude de vulcanisation du caoutchouc, il semblerait résulter que c'est à juste titre que Donath a pu formuler la loi suivante : *La valeur des articles en caoutchouc est sensiblement proportionnelle à la quantité de gomme résine élastique qui y est contenue et dépendante du rapport entre cette substance et la quantité du soufre ou de sulfures métalliques employés à la vulcanisation.*

Appelons V la valeur du caoutchouc, S sa teneur en soufre, E sa teneur en matières minérales ou organiques exprimées en centièmes, on pourra écrire

$$V = \frac{100 - (S + E)}{S}.$$

Pour déterminer les éléments de V, il nous suffit donc d'une simple analyse chimique immédiate et ce n'est que dans des cas spéciaux que nous aurons à examiner en même temps l'élasticité et la résistance du caoutchouc.

Pour être impartiaux nous devons dire cependant que, d'après D'Lobry et Van Leent (Chemiker Zeitung, 1894, p. 309), la loi de Donath serait trop absolue : elle supposerait l'identité de propriétés de la substance organique caoutchouc employée dans ces divers objets, identité très douteuse, abstraction faite même des résines en qualités et quantités diverses qui accompagnent la gomme naturelle de diverses provenances. Comme le font remarquer ces deux technologistes, la pratique démontre que deux caoutchoucs préparés avec la même gomme et contenant l'un 3 %, et l'autre 6 % de soufre, peuvent être également bons, alors qu'en acceptant la loi de Donath nous devrions attribuer au premier une valeur double de celle du second.

Poids spécifique. — Nous avons déjà réfuté, avec Heinzerling et Hasenclever, cette opinion émise par la généralité des écrivains spéciaux que la connaissance du poids spécifique du caoutchouc manufacturé est un puissant facteur dans l'appréciation de sa valeur. Une densité plus voisine de celle de 0,926 à 0,948 n'indique pas péremptoirement la bonne qualité d'un caoutchouc : la sciure de bois, les râpures de liège, loin d'alourdir le produit, l'allègent au contraire, et pourtant ces matières comptent parmi les additions les plus nuisibles : 10 % de cinabre ou de fluorure de calcium influencent bien autrement cette densité qu'une égale quantité de talc ou de magnésie, etc. Il est bon toutefois de connaître dans certains cas déterminés le poids spécifique de la matière soumise à l'analyse : il peut, jusqu'à un certain point, aider à l'appréciation de sa valeur, mais seulement dans les cas où les substances additionnelles minérales ne sont pas en même temps des agents de vulcanisation comme le sont le cinabre, le sulfure d'antimoine, etc., car, dans ce cas, ces agents augmentent la densité du caoutchouc beaucoup plus que le talc ou d'autres substances minérales plus légères, et cependant loin de lui nuire, ils augmentent presque toujours sa qualité et durée.

Pour déterminer le poids spécifique d'un caoutchouc au *picnomètre* (modification du flacon classique pour densité) il faut diviser l'échantillon en petites lanières laminées, à peu près de même longueur ; puis, après l'avoir pesé, on le fait bouillir avec de l'eau dans l'appareil taré vide d'abord et taré plein d'eau ensuite, de manière à éliminer les bulles d'air qui adhèrent assez fortement par certaines

aces. Beaucoup d'échantillons qui nagent à la surface de l'eau ombent ainsi au fond du vase après cette opération. Ceci fait, on emplit de nouveau d'eau le picnomètre jusqu'au point de repère et n pèse encore une fois : l'augmentation ou la diminution du poids obtient par simple calcul.

Un exemple fera comprendre aisément ce petit travail :

pposons le poids du picnomètre vide . . .	10 gr.	} 110 gr. picnomètre plein
— de l'eau pour le remplir .	100	
— du caoutchouc	5	

enfin le poids du picnomètre contenant le caoutchouc et rempli d'eau 111 gr.

Le caoutchouc ayant remplacé l'eau a donc donc donné une augentation de poids de 1 g.

Divisant le poids absolu de caoutchouc 5 g. par le poids de l'eau placée, c'est à dire 4 gr., le poids spécifique de la matière essayée ra $\frac{5}{4} = 1250$.

Méthode approximative d'Heinzerling. — Heinzerling a inventé e méthode donnant des résultats moins exacts, mais par ntre d'une exécution bien plus simple et plus rapide et qui pourt certainement trouver son application dans nos usines.

A cet effet il prépare une série d'éprouvettes à pied remplies de uides d'un poids spécifique qui vont graduellement et uniforméent en augmentant. Il se sert à cet effet de dissolutions variées de lorure de calcium jusqu'à l'obtention du poids spécifique 1,40. mme le chlorure de calcium n'est soluble dans l'eau à la temrature ordinaire que jusqu'à obtention de cette densité, ses essais densité approximative ne peuvent aller au delà.

Il établit ainsi une échelle comme suit :

1. Eprouvette, eau distillée	P. Spec. =	1,000
2. Eau et chlorure de calcium	—	1,025
3. —	—	1,050
4. —	—	1,075
5. —	—	1,100
6. —	—	1,125
7. —	—	1,150
8. —	—	1,175
9. —	—	1,200 etc.

Pour déterminer le poids spécifique d'un caoutchouc, l'auteur rte un échantillon tour à tour dans chacune de ces éprouvettes observe après quelque temps de contact, alors que toutes les lles d'air ont disparu sur les sections de l'échantillon dans laelle des solutions la gomme flotte entre deux eaux sans aller à nd. Le poids spécifique du liquide dans lequel le phénomène a observé aura le poids spécifique de la gomme essayée.

Des essais faits en Belgique sur des tubes de qualités diverses t donné par la méthode du picnomètre.

	Qualité première	Qualité basse
Poids spécifique	0,99 — 1,20	1,26 — 1,52
Cendres	2,83 — 25 %	34,30 — 38,60 %

Les cendres des produits inférieurs étaient composées surtout de craie, d'oxyde de zinc et de fer. Ce dernier métal dominait dans les tubes de coloration rouge.

Reinhardt donne les résultats suivants :

	Échantillon I	Échantillon II
Poids spécifique	1,480	1,958
Cendres	53,57 %	62,66 %

Les cendres étaient composées principalement de spath fluor et d'oxyde de zinc.

Donath donne ses propres analyses :

	Tubes à gaz couleur blanche a	Tubes rouges d'excellente qualité b	Tubes rouges qualité moyenne c	Balles rouges mi-pleines d
Poids spécifique	1,012	1,134	1,089	1,133
Cendres	6,62	8.14	11,72	21,86
Matières dominantes dans les cendres.	Oxyde de zinc	SB^2O^4	Cinabre	Cinabre

Il semble résulter de ces analyses que le poids spécifique du produit ne dépend pas uniquement de la nature et de la quantité la substance additionnelle, mais aussi du procédé de vulcanisation et du moyen mécanique employé pour incorporer la matière minérale.

Autre analyse :

	Plaques ou feuilles en caoutchouc	
	e	f
Poids spécifique	1,566	1,488
Cendres	56,08	72.10
Matières dominantes dans les cendres . . .	Craie et plâtre	Oxyde de zinc

Dans l'analyse *f*, la cendre avait conservé la forme de petits cubes de l'échantillon découpé.

Il convient de faire ici une remarque générale : les caoutchoucs d'un poids spécifique supérieur à 1,3 doivent être, sans exception, considérés comme défectueux, car ils ne contiennent pas moins de 25 °/₀ de substances minérales qui en diminuent la valeur.

Dosage des adjuvants de composition minérale. — D'après Donath, la calcination directe donne toujours des résultats erronés. C'est ainsi que le cinabre dans un mélange se volatilisera partiellement à la calcination ; le carbonate de chaux se décomposera.

Il résulte de ce défaut de précision que ce dosage ne sera pas toujours une opération bien facile, ni bien simple. On pourra donc le plus souvent se contenter du mode de dosage approximatif suivant :

On imbibe 1 à 1/2 g de l'échantillon découpé en petites lanières minces avec une solution saturée de nitrate d'ammoniaque, et on jette l'un après l'autre ces fragments préalablement desséchés dans un creuset en porcelaine couché presqu'horizontalement sur la flamme ; le creuset est d'ailleurs déjà porté au rouge avant le commencement de l'incinération. Si l'on a reconnu par un essai qualitatif préalable que la matière n'est pas très chargée en chaux, on peut peser directement le produit de la calcination ; si, au contraire, la cendre doit contenir beaucoup de chaux libre, on la mouille avec une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque, on évapore et on sèche à une température peu élevée avant de peser.

Reinhardt, d'autre part, traite la gomme par l'acide nitrique bouillant qui dissout la substance organique, et après évaporation à siccité de la liqueur en présence de l'acide chlorhydrique, il dose suivant les méthodes classiques ordinaires les oxydes de zinc, de calcium, de magnésium, etc. Pour la généralité des cas, il est inutile de recourir à ce procédé évidemment plus exact, mais trop long : le pourcentage approximatif que l'on détermine par la pesée des cendres convenablement préparées donnera des indications toujours suffisantes pour fixer sur la valeur de l'échantillon examiné.

Donath a trouvé un minimum de cendres de 6,62 °/₀ dans un tube pour gaz et 72,21 °/₀ dans une rondelle pour joints.

Donath indique l'ordre de fréquence suivant pour les diverses substances minérales adjuvantes : Craie, oxyde de zinc, gypse, spath fluor, silicate de magnésie (probablement talc en poudre). Jamais il n'a trouvé l'oxyde de fer en quantités notables.

Dosage du sulfure de mercure. — Peser de 1 à 1/2 g. de l'échantillon réduit en poudre fine à la râpe ou découpé en petits fragments et traiter dans un vase à précipiter apte à subir l'action du feu par 30 cm c environ d'acide nitrique de moyenne concentration, puis chauffer jusqu'à cessation de dégagement de vapeurs rutilantes. L'hydrocarbure se dissout entièrement, tandis que le cinabre reste intact. Après refroidissement, le liquide clair est décanté et le résidu lavé 2 à 3 fois avec de l'acide nitrique. Il ne convient pas de procéder de suite aux lavages à l'eau tant qu'il reste encore trace de dissolution de l'hydrocarbure dans l'acide : au contact de l'eau il précipiterait et viendrait se mélanger au résidu minéral. Le sulfure

résidu est jeté dans un verre taré, lavé à l'eau, séché à 100 et pesé.

On reconnaît d'ailleurs presque toujours la présence du cinabre dans un mélange à la couleur rouge vif, nuance corail, qu'il communique à la gomme. Le caoutchouc vulcanisé au sulfure de mercure est toujours plus dense que l'eau. Donath a trouvé 11,72 % de cette substance dans l'analyse d'un tube à gaz, 21,80 % dans celle d'un ballon mi-plein. Ces deux caoutchoucs étaient d'excellente qualité et avaient conservé leur élasticité et leur souplesse pendant plusieurs années. Circonstance particulière à noter : *la section fraîche pratiquée dans cette gomme présentait une somme d'adhésivité que l'on ne rencontre jamais dans un caoutchouc vulcanisé par un autre procédé.*

Dosage du sulfure d'antimoine. — Le caoutchouc coloré en rouge moins intense ou en rouge brun contient généralement du sulfure d'antimoine. D'après Unger, on l'emploie isolément, mais généralement on y subsitue aujourd'hui une dissolution de sulfo-antimoniate de chaux, d'hyposulfite de chaux et de polysulfure de calcium que l'on précipite par l'acide sulfurique. Le produit ainsi obtenu est un mélange de soufre doré d'antimoine, de plâtre et de soufre libre en proportions variées.

Le procédé de dosage qui se recommande le plus est celui donné par Unger : on chauffe dans un grand creuset en porcelaine 1 gr. 5 de l'échantillon finement divisé avec 10 gr. de sulfure de sodium cristallisé : on modère la flamme jusqu'à ce que la boursouflure cesse et on pousse peu à peu jusqu'au rouge sombre. Après refroidissement, le résidu est extrait du creuset par de l'eau distillée, on filtre pour séparer le charbon provenant de l'incinération de la matière organique et on précipite le liquide filtré par Cl H. On recueille le sulfure d'antimoine et le soufre sur un filtre double taré, on sèche et on calcine doucement dans un double creuset jusqu'à complète élimination du soufre libre, le résidu pesé constitue le sulfure d'antimoine.

On peut aussi, après avoir séché le précipité de soufre et de sulfure d'antimoine jusqu'à poids constant, en prélever une partie que l'on transforme par les moyens connus en Sb^2O^4.

Ou bien encore, si l'on n'a pas beaucoup de sulfure d'antimoine, laver par décantation en passant la partie liquide sur un petit filtre : on reprend le précipité par le sulfure d'ammonium additionné d'un peu d'ammoniaque chaud. Ce liquide est passé sur le même petit filtre qui a servi à recueillir les parcelles entraînées pendant la décantation ; elle contient tout le sulfure d'antimoine.

On l'évapore doucement dans un creuset de porcelaine et finalement on transforme le sulfure en oxyde Sb^3O^5.

Dans un caoutchouc d'excellente qualité employé à la confection de lacets et de fils on a trouvé 11,80 % de sulfure d'antimoine. Les produits vulcanisés par le sulfure d'antimoine, reconnaissables par leur couleur rouge brun brique et vendus souvent sous le nom de caoutchoucs souples, sont généralement considérés comme d'excellente qualité ; non seulement ils présentent une souplesse et une élasticité remarquables, mais leur durée est considérable : des

échantillons conservés pendant 8 ans étaient intacts comme qualité. Mais il convient de faire remarquer que ce sont précisément les caoutchoucs dont le prix de vente est le plus élevé.

Dosage du soufre total. — C'est un des éléments qu'il est important de déterminer. Au début Donath le dosait de la manière suivante, au cas bien entendu, où le caoutchouc n'était chargé d'aucun sulfate, comme le plâtre, le sulfate de baryte, etc :

Il prenait un gramme de la substance finement divisée à la râpe ou à la lime, et il chauffait avec l'acide nitrique concentré jusqu'à cessation de vapeurs rutilantes : il évaporait à siccité la dissolution additionnée d'acide chlorhydrique et de chlorate de potasse, reprenait le résidu à l'eau chaude aiguisée d'acide chlorhydrique, et dans la liqueur filtrée, il précipitait l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte. Les produits organiques résultant de l'oxydation de la gomme précipitent en partie dans la dilution, et dans tous les cas rendent les filtrations difficiles et longues.

Aussi l'auteur a-t-il fait, par la suite, usage du procédé de dosage du soufre dans les combustibles décrit par Eschka, avec cette seule modification qu'en raison de la combustion difficile du caoutchouc, il a ajouté à son mélange oxydant, outre le nitrate d'ammonium, du nitrate de magnésium.

Il mélange intimement :

Caoutchouc finement divisé	0 gr. 5 à 1 gramme
Magnésie calcinée	1 gramme
Nitrate de magnésium	1 —
Nitrate d'ammonium	1 —
Carbonate de soude	1 —

Il dispose ce mélange dans un creuset allongé et étroit et le recouvre avec une couche de mélange des sels ci-dessus. Le creuset, fixé obliquement, presque couché, est chauffé d'abord à la partie supérieure, puis peu à peu jusque vers le fond, et la chauffe continue jusqu'au rouge. Son contenu, parfaitement blanc, est extrait avec environ 300 gr. d'eau chaude : la dissolution est filtrée, acidulée par HCl et précipitée par le chlorure de baryum. Par ce procédé, on dose naturellement en même temps que le soufre employé à la vulcanisation, celui qui se trouvait dans l'échantillon à l'état de sulfate de chaux, de baryte, etc. Pour connaître le soufre de vulcanisation, il faut doser ces derniers.

Unger dose le soufre total en fondant environ 0 gr. 5 de l'échantillon divisé en une centaine de fragments avec un mélange de 12 gr. d'oxyde de cuivre et 2 gr. de sel de soude. Ce procédé est également recommandable.

Dosage du soufre de vulcanisation seul. — Nous croyons devoir encore citer le procédé imaginé par Reinhardt, pour le dosage du soufre de vulcanisation seul. L'échantillon est introduit dans un tube de verre peu fusible, fermé à un bout et portant vers son milieu un renflement. On étire ensuite à la lampe l'extrémité ouverte et on ferme. On chauffe à la flamme directe la partie conte-

nant le caoutchouc ; le soufre de vulcanisation distille et se condense avec d'autre produits de la distillation sèche dans la partie renflée du tube. On dose alors par l'un des procédés connus. Il faut observer qu'une partie du soufre de vulcanisation peut très bien être retenue à l'état de sulfite par l'oxyde de zinc ou la craie et, par conséquent, échapper à la distillation et au dosage.

En résumé, nous ne connaissons encore aucune méthode pour la détermination directe de soufre de vulcanisation, et nous ne pouvons qu'en apprécier plus ou moins approximativement la proportion dans certains cas, au moyen d'un calcul indirect.

L'auteur a trouvé, en opérant suivant les indications d'Eshka :

Pour un caoutchouc obturateur, 1°	cendres	25,85 %	composées en majeure partie de craie, magnésie et silice.
	soufre	6,47	—
2°	cendres	23,78	—
	soufre	7,21	—
Pour un caoutchouc servant de joint.	cendres	50,08	composées oxyde de zinc et craie
	soufre	5,48	

Pour 2 caoutchoucs chargés de cinabre :			
	cinabre.	11,72 %	21,86 %
	soufre calculé d'après 6 % de cinabre . .	1,61 %	3,01 %
	soufre total trouvé directement.	1,90 %	3,28 %

Il semble, d'après ces deux dernières analyses, que ces deux sortes de caoutchouc aient été vulcanisées par le cinabre seul. Ceci s'accorde d'ailleurs avec ce que l'on sait sur l'emploi du cinabre comme agent de vulcanisation. C'est là, remarquons-le avec l'auteur, un très sérieux argument contre l'hypothèse d'une combinaison chimique entre le soufre et le caoutchouc au moyen des sulfures métalliques. Car, en dissolvant avec l'acide nitrique, les caoutchoucs abandonnent le cinabre tel quel, et par conséquent aussi la totalité de leur soufre, ce qui ne saurait être si une partie du soufre était entrée en combinaison chimique avec le caoutchouc.

Enfin, citons encore un procédé permettant de juger grossièrement, il est vrai, mais avec une approximation suffisante dans la plupart des cas, de la teneur en soufre de vulcanisation. On découpe 1 gr. de caoutchouc dont la teneur en soufre est connue. On le fait bouillir pendant un certain temps, 1/2 heure à 1 heure, avec de la potasse caustique de concentration moyenne, par exemple $A = 1,2$. On traite exactement et en même temps l'échantillon qu'il s'agit d'essayer. On décante les liqueurs, on les ramène à la même concentration et l'on ajoute à chacune un centimètre cube d'une solution d'acétate de plomb. On conclut de l'abondance relative de précipité noir dans les deux verres à la teneur respective des échantillons en soufre.

Bien entendu, on ne peut essayer par ce moyen les caoutchoucs vulcanisés par des sulfures métalliques. Les deux échantillons au cinabre dont nous avons transcrit les analyses ci-dessus n'ont donné, lorsqu'on a ajouté l'acétate de plomb à leur décoction alcaline, qu'une faible teinte brunâtre, fait qui vient à l'appui de ce que nous disions des propriétés vulcanisantes du sulfure de mercure seul.

Détermination de l'ammoniaque. — Cet élément n'entre qu'accidentellement dans la composition des mélanges industriels lorsqu'il s'agit de préparer une matière poreuse ou spongieuse : l'incinération l'élimine d'ailleurs totalement et la détermination qualitative se fait parfaitement en chauffant un fragment de la substance à essayer avec un peu de chaux vive. La présence de sels ammoniacaux devient manifeste par le dégagement d'ammoniaque dont l'odeur est caractéristique. Il est d'ailleurs facile de doser quantitativement par la méthode si connue de Will et Warrentrapp.

Examen de l'action des solutions concentrées alcalines et des dissolvants. — Il est souvent important, dans les recherches analytiques entreprises sur un caoutchouc déterminé, de le soumettre à l'action des solutions concentrées alcalines aussi bien que des dissolvants.

Le caoutchouc contient-il une addition de corps gras, de résine ou de paraffine ayant tous un poids spécifique approchant de celui de la gomme et dont on ne peut par conséquent constater la présence par l'étude de la densité, on recourt à l'action dissolvante de la térébenthine ou du sulfure de carbone additionnés de 5 °/₀ d'alcool. En faisant digérer un échantillon finement divisé pendant quelques heures dans l'une de ces solutions chauffées de 60° à 70° les corps gras non attaqués par la vulcanisation, les résines, la paraffine se dissoudront avant la gomme qui reste comme résidu. Si on évapore le dissolvant après digestion suffisante, on obtiendra un résidu contenant avec une petite quantité de gomme dissoute, la totalité de ces substances additionnelles que nous venons d'énumérer. Le résidu traité par de la soude caustique dissoute saponifiera les corps gras et les résines, et laissera finalement la paraffine non saponifiable comme résidu.

Un examen plus approfondi des corps gras n'est guère possible et ne présente d'ailleurs qu'un intérêt secondaire.

On peut encore découvrir la présence de la paraffine dans le produit d'évaporation dont nous venons de parler en le traitant par le benzol ou le sulfure de carbone, dans lesquels elle est plus rapidement soluble que les corps gras et la résine.

Essais aux efforts mécaniques. — Pour certains cas, il n'est pas hors de propos de pouvoir faire un essai de résistance mécanique : traction, compression, flexion et charge à rupture. Nous avons résumé, au chapitre consacré aux propriétés physiques et chimiques du caoutchouc vulcanisé, l'intéressant travail de Stévart sur la résistance à l'allongement et à la compression du caoutchouc vulcanisé.

Comme l'appareil qui lui a servi pour ses essais à l'allongement

est d'une construction très simple et à la portée de tous les usiniers, nous croyons utile d'en donner un croquis (Fig. 54).

Ce croquis indique suffisamment la disposition que la forme des rondelles d'essai a permis d'adopter. Pour éviter autant que possible d'érailler la surface du caoutchouc et de sections arrondies, les crochets en fer entre lesquels l'anneau est pris, sont polis. L'un de ces crochets est fixé à une solide traverse, l'autre porte un plateau destiné à supporter les poids.

Le plateau inférieur et son crochet sont lestés de manière à peser ensemble 1 kg ; le poids du caoutchouc lui-même est tout à fait négligeable.

Sous une certaine charge, l'anneau en gomme est d'abord rond ; puis, en s'allongeant, ses deux côtés deviennent droits et parallèles. Il fallait arriver à marquer, de chaque côté de l'anneau, deux repères donnant la longueur exacte d'une portion de la bande comprise entre les deux crochets. On y parvient en serrant l'anneau non chargé entre deux règles jusqu'à ce que les deux côtés se touchent et en traçant à l'encre deux traits fins écartés d'une quantité donnée, qui est la longueur initiale de la bande soumise à l'essai. En opérant ainsi et mesurant après chaque addition de poids la distance verticale entre les deux espèces, on est à l'abri de toute erreur provenant du frottement du caoutchouc ou de son laminage sur les crochets qui le soutiennent.



Fig. 54. — Dispositif des expériences sur l'allongement.

Pendant toute la durée des expériences, la température doit être aussi constante que possible, variant entre + 14 à + 16° C.

Stévart emploie également, pour déterminer la charge de rupture un appareil plus compliqué consistant en une balance anglaise qui sert à essayer les ressorts de tous genres à l'arsenal des chemins de fer belges à Malines (Fig. 55).

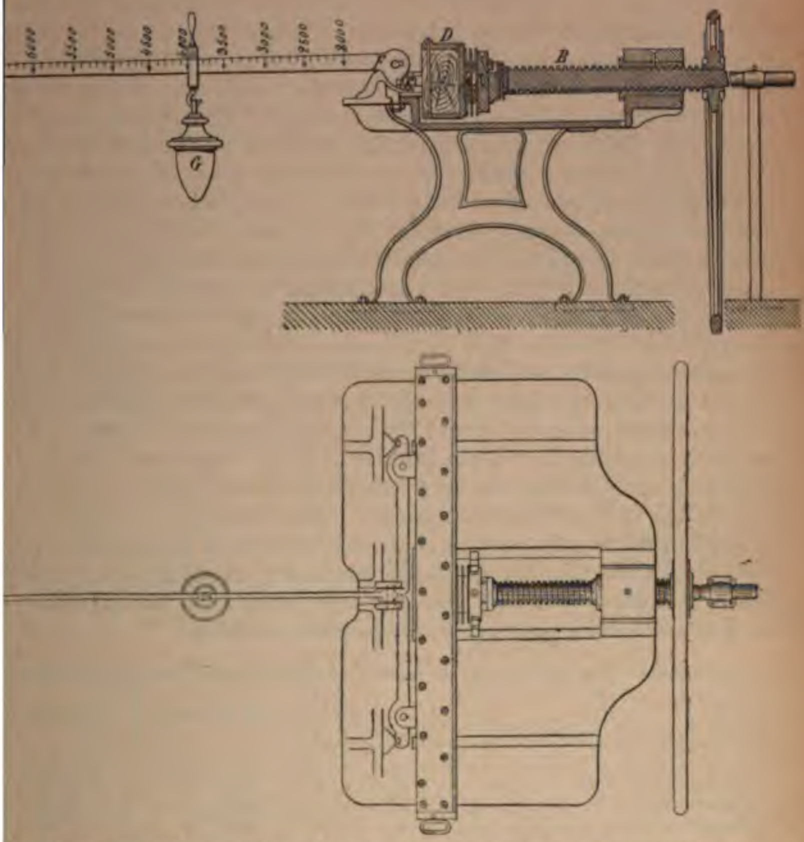
A, A sont les rondelles à essayer, préalablement bien mesurées ; une seule pièce ou plusieurs pièces avec tôles intercalaires étaient employées selon leurs dimensions en hauteur.

B est une vis en fer qui tourne dans un écrou de bronze fixé au bâti en fonte de l'appareil ; elle est terminée, d'une part, par un grand volant à six bras dont l'auteur a fait diviser la circonférence de la jante en 36 parties égales, et, d'autre part, par une tête ronde qui avance sans tourner, grâce à deux pattes C C glissant sur le bâti.

Les rondelles sont prises entre cette tête de la vis et une forte traverse en bois D, revêtue de tôle. Celle-ci recevant en son milieu tout l'effort de pression, le transmet, par l'intermédiaire de deux leviers E E montés sur couteaux d'acier, au grand levier coudé F, dont le grand bras porte deux curseurs de poids différents et deux graduations correspondantes.

ın des poids curseurs pèse 10,4 kilog. et permet de produire fforts de 1,500 à 3,300 kilog. ; l'autre, G, pèse 32,2 kilog. et et de mesurer des pressions sur la traverse variant de 2,100 à) kilog.

ıe grande difficulté se présentait dans le mesurage exact des seurs réduites du caoutchouc ; pour la surmonter avec le plus récision possible, il a compté le nombre de divisions dont on t tourner le volant, et l'auteur a déduit du pas de la vis la



ig. 55. — Appareil pour déterminer la charge de rupture des rondelles en caoutchouc vulcanisé. — 1. Élévation et coupe. — 2. Plan.

ıtité dont les rondelles se comprimaient, pour que l'appareil résentât chaque fois dans sa position d'équilibre, le grand r soulevé jusqu'à la position horizontale marquée par un index

ı vis présentait 37 pas sur 470 mm., le pas était donc de mm., et pour un trente-sixième ou une division du volant, la avançait de 0,353 mm. L'appareil avait assez de précision, i transformé en un gigantesque sphéromètre, pour qu'on pût, à

chaque pesée, estimer la dépression à une division près, c'est-à-dire avec une approximation de 3 ou 4 dixièmes de millimètre.

Quant aux essais de résistance à la flexion jusqu'à rupture, il n'existe pas d'appareil spécial pour faire ces essais. Heinzerling pense qu'il serait possible d'éprouver le caoutbhouc sous ce rapport comme on le fait communément pour le cuir, en ce sens qu'en adaptant convenablement des bandes de caoutchouc au volant d'un balancier on arriverait, par un va-et-vient répété, à amener une flexion suffisante pour arriver à la rupture. En effet, si l'on observe la manière de se comporter des éprouvettes jusqu'au point de rupture simultanément avec la vitesse du balancier, on devra arriver à pouvoir en tirer les conclusions nécessaires à l'appréciation de la résistance de l'objet à la flexion jusqu'à rupture.

Il ne faut pas oublier, si on veut avoir des résultats comparatifs exacts, de rattacher les éprouvettes au balancier de manière que les flexions se fassent toujours et en tout sens sous un angle identique.

D'après le Dr C. A. Lobry et F. H. Van Leent (loc. cit.), *la marine anglaise se sert, depuis longtemps, d'une méthode fort simple pour apprécier la valeur d'un caoutchouc.*

Cette méthode consiste à soumettre les objets à la chaleur sèche à 135° environ, et à la chaleur humide dans l'eau à 170° environ. La chaleur, en effet, agit très diversement sur le caoutchouc pur et de bonne qualité, et sur les sortes inférieures contenant plus ou moins de résines naturelles, ou les qualités mélangées de factices et autres adultérants. Le Para, pur ou minéralisé et vulcanisé dans de bonnes conditions, résiste pendant deux à quatre heures à cette épreuve, sans déchéance trop marquée de ses qualités originelles. Les sortes inférieures, au contraire, résistent peu ou point du tout à l'action de la chaleur, deviennent cassantes, poisseuses, perdent leur élasticité, etc. La perte de poids des caoutchoucs exposés en feuilles minces pendant une ou trois heures à une chaleur sèche de 135°, atteint à peine pour les bonnes qualités :

	Après une heure	Après trois heures
Para	0,15 °/₀	0,25 °/₀
Mozambique	0,20	1,30
Bornéo	1,70	3,90

Méthode d'analyse comparative de Kisling.

Mentionnons encore un travail très intéressant de R. Kisling, qui dans son *Traité de Chimie industrielle* (1888), se place à un point de vue tout particulier pour la détermination technique du caoutchouc vulcanisé marchand. Après un résumé impartial de la littérature existante, il appelle l'attention du lecteur sur ce fait que dans l'ans

lyse des objets courants en caoutchouc vulcanisé et manufacturé il convient surtout de considérer les services qu'on attend de l'objet examiné. Un joint pour conduite d'eaux doit avoir d'autres propriétés et une autre composition qu'un tube à gaz ou une garniture de trou d'homme destinée à résister à l'action de pressions excessives. Un clapet de pompe auquel on demande de la résistance à l'action corrosive des acides minéraux ne doit pas avoir la même composition qu'un tube devant être mis en contact prolongé avec l'huile. Malheureusement, il existe peu de concordance dans les proportions indiquées de caoutchouc nécessaire à chaque fabrication spéciale. Comme, d'un autre côté, il n'existe pas selon l'auteur, une méthode simple rapide et pratique pour déterminer d'une façon absolue la quantité de gomme contenue dans un caoutchouc vulcanisé, comme la détermination des cendres seules ne prouve rien, et nous l'avons déjà fait comprendre, pas plus que n'est absolue la méthode de détermination du soufre dans ses différents états, il a paru plus utile à l'auteur de se contenter d'une simple analyse comparative, des cendres, des matières solubles dans un ou deux dissolvants appropriés, puis d'exposer à une température de 110°C pendant 48 heures les types choisis d'un même genre de fabrication, qu'ils viennent d'une usine ou d'une autre. Il en examine alors la souplesse et l'élasticité et finit par un essai de résistance jusqu'à rupture.

Dans le tableau ci-contre Kisling a condensé les résultats analytiques de vingt-neuf essais faits d'après sa méthode.

[illegible]

Numéros d'ordre de l'échantillon	Nature de l'objet manufacturé	Provenance (fabrique)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	Joints de tuyaux à vapeur.	I	4,20	8,76	1,78	61,94	Il s'est trouvé très dur et très cassant.	[illegible]
2	»	I	4	8,74	0,74	61,06	—	[illegible]
3	»	I	3,80	7,82	1,94	59,50	—	[illegible]
4	»	I	3,70	5,28	1,18	62,66	—	[illegible]
5	»	I	3	9,96	0,73	63,78	—	[illegible]
6	»	I	3,30	6,93	1,45	61,42	—	[illegible]
7	»	I	3,60	7,56	0,88	59,64	—	[illegible]
8	»	[illegible]	»	4,88	1,04	64	assez cassant, très dur.	[illegible]
9	»	[illegible]	»	7,00	1,18	66,84	dur mais pas cassant.	[illegible]
10	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,34	72	dur et cassant.	[illegible]
11	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	70,80	très dur et très cassant.	[illegible]
12	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	—	—
13	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	dur et cassant.	7
14	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	très dur et excessivement cassant.	10
15	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	très dur et très cassant.	9
16	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	très dur et excessivement cassant.	15
17	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	très dur et très cassant.	3
18	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	dur mais reste élastique.	8
19	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	très dur et assez cassant.	5
20	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	— un peu cassant.	8
21	Joints pour conduites d'eau.	VIII	13,04	5,20	0,44	64,72	— assez cassant.	3-4
22	»	VIII	10,18	8,42	1,24	66,20	assez dur reste un peu élastique.	2
23	»	IV	[illegible]	7,78	3,62	63,04	assez tendre et un peu élastique.	5
24	Caoutchoucs de nature et qualité diverses.	VII	17,60	6,66	2,04	2,16	dur et un peu cassant.	1
25	»	»	10,60	4,70	3,14	2,24	tout à fait tendre et très élastique.	2
26	»	»	8,80	7,74	1,10	32,40	— et assez élastique.	2-3
27	»	»	6,64	6,24	1,22	55,10	légèrement dur mais reste élastique.	3-4
28	»	»	4,44	7,10	0,92	35,44	assez dur mais reste un peu élastique.	5
29	Caoutchoucs pour doublage de tuyaux en toile.	VIII	4,44	3,88	1,10	39,48	un peu dur, mais reste assez élastique.	id.
							id.	id.

De l'examen attentif de ces chiffres il résulte indéniablement qu'il y a toujours corrélation entre les prix demandés et la somme des cendres. Cela se conçoit d'ailleurs ; il est bon de remarquer toutefois que cette corrélation ne peut avoir rien d'absolu ; car, outre que les prix peuvent varier pour un objet du même genre d'une fabrique à l'autre, les marchandises vulcanisées ne se composent pas seulement de caoutchouc, de soufre et d'autres additions minérales, mais souvent pour les articles flottants, c'est-à-dire se rapprochant davantage de la densité du vulcanisé normal, il y a addition de matières organiques, liège, sciure de bois, etc., etc. La déduction réelle à tirer du tableau ci-dessus, c'est qu'une teneur en cendres de plus de 50 °/₀ ne peut qu'être très préjudiciable à la conservation de l'article manufacturé. Il serait préférable de payer un prix un peu plus élevé que d'acquérir un objet mauvais parce qu'il est bon marché. Mais, ici encore il y a des réserves à faire : les essais 21, 22, 23 (conduites pour tuyaux d'eau provenant de trois ateliers différents) montrent nettement que le n° 22 est cependant le meilleur, quoique d'un prix d'achat bien inférieur. Pour terminer, l'auteur examine les prix et qualités des n°s 24, 25, 26, 27 et 28 désignés par le même usinier comme marchandises de qualités différentes. Les n° 24 et 25 n'ont évidemment pas été additionnés d'adjuvants minéraux et probablement pas d'adjuvants organiques ; ils résistent admirablement à la température de 110, mais leur prix de vente est trop élevé. Le n° 24 a été fait avec du Para-caoutchouc ; le n° 25 avec une gomme plus basse additionnée d'adjuvants combustibles. Les n° 26 et 27 paraissant n'avoir eu que des additions minérales, tandis que le n° 28 dont le bas prix, malgré une teneur de 35°/₀ seulement de cendres, indique certainement une combinaison avec des adjuvants organiques, tels que déchets, régénérés ou autres; il se montre nettement plus résistant à 110° que le n° 27 d'un prix plus élevé.

Quant aux premiers essais, n° 1 à 20, faits sur du caoutchouc pour joints, si nous comparons les n^{os} cotés aux plus bas prix avec ceux dont le prix indiquerait une composition beaucoup plus riche en gomme, il faudrait en conclure que les bons marchés ne contiendraient que des quantités relativement faibles de caoutchouc sain, plus faibles encore que les données de l'analyse ne l'indiquent si la teneur en gomme doit être calculée par différence.

Nous manquerions d'impartialité si nous passions sous silence les belles études entreprises par le Dr *Rob. Henriquès* sous le titre « *Contributions à l'analyse des caoutchoucs manufacturés* » (Chemiker Zeitung. *1892*, p. 1515, 1623, 1644, *1893*, p. 644, 807, et *1894* p. 411, 442). Le mode d'analyse préconisé par l'auteur est d'ailleurs le point de départ d'une méthode rationnelle pour reconnaître et apprécier les factices, qui jouent dans l'industrie du caoutchouc un rôle si important et dont l'influence est presque toujours si pernicieuse sur la durée des produits.

Nous aurons l'occasion d'employer utilement les nombreux matériaux fournis par Henriquès dans la partie de notre travail consacrée plus particulièrement aux factices ; nous aurons alors à examiner toutes les questions qui se rattachent à ce genre de produits.

Méthode Heinzerling et Pahl pour déterminer l'influence exercée par la présence d'adjuvants minéraux ou organiques sur la valeur industrielle du caoutchouc vulcanisé.

Pour terminer, nous résumerons la remarquable étude que Heinzerling et W. Pahl ont publié dans les *Annales* de la Société pour l'avancement des sciences industrielles (Berlin, en 1891-1892).

Frappés des difficultés presqu'insurmontables que le chimiste rencontre dans la détermination exacte des quantités pondérales de chaque adjuvant qui entrent dans la composition des gommes vulcanisées, Heinzerling et Pahl ont tenté de tourner la difficulté et, dans une série d'essais très minutieux, ils ont étudié l'influence des adjuvants principaux ajoutés le plus souvent à la gomme, sur la durée, la résistance, l'élasticité et les propriétés diélectriques de cette matière.

Ne pouvant suivre la méthode habituelle pour le choix d'échantillons d'une composition déterminée et rentrant dans le cadre de leurs recherches, puisque d'un côté l'analyse directe est à peu près impossible surtout pour la recherche quantitative des adjuvants organiques, et les fabricants n'aimant généralement pas à divulguer les petits secrets de leur fabrication spéciale, ces deux chimistes ont fait confectionner sur leurs données des types à proportions définies; variant ainsi à volonté la somme des matières incorporées, il leur a été facile d'étudier d'une manière plus approfondie la manière dont se comporte chacune d'elles.

Comme adjuvants inorganiques, outre le soufre et le sulfure d'antimoine qui sont en même temps les agents de vulcanisation les plus usités, les auteurs se sont servis des oxydes de zinc et de plomb, de la craie, de la chaux caustique, de la magnésie calcinée et du fluorure de calcium.

Comme corps organiques, ils ont choisi les factices (huiles vulcanisées par le soufre libre, et par le chlorure de soufre à froid), la paraffine, la résine ou colophane, la térébenthine, le bitume, la poudrette régénérée et enfin la glycérine.

Tous les souples ainsi obtenus, à l'exception de ceux additionnés de sulfure d'antimoine et ceux traités déjà à froid par le chlorure de soufre, furent additionnés de 10 °/₀ de soufre libre comme agent de vulcanisation; les objets souples contenant déjà du sulfure d'antimoine reçurent néanmoins une petite addition de soufre, et tous furent soumis pendant une heure à la vulcanisation à 135-138° sous une pression de 3-3 1/2 atmosphères.

Les articles spéciaux, dits techniques, furent fabriqués dans une des principales usines de l'Allemagne du nord, dans les proportions usuelles de l'établissement et que le directeur communiqua avec beaucoup de complaisance aux auteurs de ce travail.

Les essais sur le durci furent moins nombreux : les adjuvants entrant dans cette fabrication sont nécessairement plus restreints, ce genre de fabrication étant lui-même moins important.

Deux genres d'essais furent entrepris ; les uns basés sur des actions chimiques, les autres sur des actions physiques et mécaniques.

Les essais chimiques se firent surtout au point de vue des matières avec lesquelles le caoutchouc se trouve le plus souvent en contact. Ce sont :

1° L'acide sulfurique. (Cet acide fut choisi parce que son action corrosive peut influencer le plus énergiquement la gomme, à l'exclusion de l'acide nitrique qui la détruit).
2° L'acide acétique. (C'est l'acide organique dont l'énergie est la plus caractérisée, il se trouve d'ailleurs le plus souvent en contact avec la gomme).
3° La lessive de soude et l'ammoniaque. (Tous deux sont souvent appelés à se trouver en présence du caoutchouc).
4° L'huile de colza, les huiles de graissage minérales, ainsi que ces huiles mélangés avec du suif en proportions définies. (Ces matières exercent fréquemment une action destructive sur les clapets de pompes et de valves, sur les joints de tuyaux etc., etc).
5° Le gaz d'éclairage. (Nous avons déjà fait ressortir l'influence de ce gaz sur les conduites en caoutchouc).

Les essais physiques et mécaniques eurent pour but de déterminer :

1° Le module de charge.
2° Le coefficient de résistance.
3° La limite d'élasticité.
4° Les modifications de forme sous l'action d'une compression énergique.
5° » » » de chocs répétés.
6° L'influence de la chaleur prolongée.
7° Les déviations du pouvoir isolant.

Tous les échantillons furent soumis aux essais suivants :

Dans une solution d'acide sulfurique d'un poids spécifique de 1,1562, qui équivaut à une teneur de 27.5 °/₀ SO_3HO, on fit macérer après pesée préalable et à froid les types I à XVIII pendant 20 jours, les types XIX à XXXII pendant 10 jours. Retirés du bain et séchés convenablement, ils furent pesés de nouveau et on eut soin de noter les modifications de texture anormales qui auraient pu se présenter.

L'acide acétique employé avait une densité de 1.0584 = 46,5 °/₀ $C_2H_4O_2$.

Le contact à froid ne dura que 3 jours, l'action de l'acide se manifestant beaucoup plus rapidement.

La lessive de soude, d'un poids spécifique de 1,3084, équivalant à 21,5 °/₀ de NaHO, fut mise en contact pendant 3 jours. On ne se contenta pas de prendre seulement le poids avant et après l'opération, on détermina aussi les densités initiales et finales des éprouvettes, et il en fut de même pour l'acide acétique et pour l'ammoniaque.

L'ammoniaque employé (Poids sp. 0,9775 équivalant à 6 °/₀ NH_3) fut mis en contact pendant 4 jours.

Les Nos I-XVIII furent lavés et séchés pendant 6 heures à une température de 100; les Nos XIX-XXXII furent exposés à la sortie du bain pendant 48 heures à l'air libre, puis séchés à 100° pendant une demi-heure.

L'huile de colza avait un poids sp. de 0,9102. Après cinq jours de contact, on détermina le volume de l'éprouvette avant et après l'essai aussi bien que pour les deux épreuves suivantes.

L'huile à graisser minérale poids spécifique = 0,8991, cinq jours de contact.

Le mélange de 90 °/₀ huile minérale et 10 °/₀ suif fut mis en contact avec les éprouvettes pendant cinq jours à une température de 100°.

Pour l'essai avec le gaz d'éclairage, les auteurs placèrent l'éprouvette dans un tube à gaz entre le brûleur et le robinet d'arrivée : le bec étant allumé, l'essai dura vingt jours consécutifs pour que l'échantillon fût ainsi en contact permanent avec le courant gazeux ; les déterminations se firent par pesées.

Pour les modifications de volume on se servit du micromètre, afin de pouvoir constater des changements jusqu'à 1/100 de m/m.

Pour l'obtention du module de charge, du coefficient de résistance et de la limite d'élasticité, les auteurs se servirent d'un appareil spécial de leur invention, mais que nous trouvons avoir plus d'un rapport avec l'appareil décrit par M. Stévart dont nous avons donné précédemment la description. Les éprouvettes avaient toutes une superficie de 0^m, 02 de long et 0^m, 005 de large, et 0,002 d'épaisseur.

Les modifications de forme sous l'action d'une compression énergique ont été étudiées avec l'appareil qui sert à éprouver les matériaux de construction au *Polytechnicum fédéral suisse*. Chaque compression équivalant à 4.900 kg sur une éprouvette de 1 cm 2, pendant une minute : l'épaisseur variable de l'éprouvette était contrôlée avant et après chaque épreuve au micromètre dans tous les sens, et l'on put ainsi se convaincre que la déformation avait lieu uniformément dans toutes les directions ; les bords étant généralement plus renflés que le centre, on prit en conséquence les épaisseurs du centre, des bords et de la distance entre les bords les plus éloignés.

Les modifications de forme sous l'action de chocs répétés se firent avec l'appareil spécial du *Polytechnicum* de Zurich. 1 cm_2 d'une épaisseur déterminée à l'avance fut soumise à l'action d'un marteau de 2 kg en poids avec une chute de $0,^m 25$ et subit chaque fois 50 coups. Compression maximum pour 1 minute 4 900 kg.

Les déformations ne furent plus égales comme précédemment, mais se présentèrent en ondes excentriques : elles furent mesurées comme précédemment.

Pour la parfaite intelligence, nous donnons ci-contre (fig. 56) en A la déformation subie sous une compression énergique et en B, celle subie sous l'action de chocs répétés.

A. Déformation sous une compression ; B. Déformation sous le marteau (chocs répétés), après 50 coups (fig. 56).

Essai comparatif de 2 éprouvettes sous une forte compression.

Ep. initiale	Ep. des bords extrêmes après l'épreuve	Ep. du centre	Ecart. des bords les plus éloigné
	Type I.		
0,95 mm.	1,18 mm.	0,93 mm.	9,00 mm.
	Type III.		
1,08 mm.	1,16 mm.	1,01 mm.	8,25 mm.



Le n° I résiste donc mieux que le n° III.
Essai deux éprouvettes sous le choc répété du marteau.

Type I.

;p. initiale	Ep. des bords extrêmes après l'épreuve	Ep. du centre	Ecart. des bords les plus éloignés
),95 mm.	1,54 mm.	0,71 mm.	2,75 mm.

Type III.

,10 mm.	1,40 mm.	0,90mm.	5,00 mm.

Le n° 1 supporte donc moins l'action des chocs répétés du mar-
eau.

Pour étudier l'action de la chaleur prolongée, les auteurs se sont
ervi d'une étuve à porte vitrée dans laquelle furent placées les
prouvettes. On chauffe lentement de manière à arriver à une
ugmentation de température de 10° par demi-heure chaque fois.
'n peut observer ainsi tous les accidents susceptibles de se pro-
uire jusqu'à ce que la température terminale, c'est-à-dire 150°, fût
tteinte.

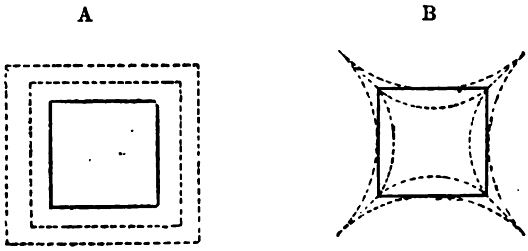


Fig. 56.

C'est enfin l'électromètre Weber (voir *Manuel d'électricité stati-*
:e de E. Mascart) qui servit à déterminer les fluctuations du pou-
ir isolant des éprouvettes. Préalablement à l'essai, elles avaient
: soumises pendant une demi-heure à l'étuve pour éloigner
ıte trace d'humidité. L'électromètre au repos marquait 300° chargé
ant chaque essai, l'aiguille oscillait sur 260. De temps en temps
vérifiait l'appareil pour faire les corrections s'il y avait lieu.
:ssai se fit au jour à une température de 12° C.
Ci-dessous le tableau résumant les essais.

TABLEAU RÉSUMANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR HEINZERLING

A. *Échantillons préparés sur les données des auteurs*

Numéros d'ordre	Para-Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantités et nature des adjuvants		Poids spécifique avant l'essai	Observations
I.	90	10	0	—	0,999	Les éprouvettes de cette série ont toutes été vulcanisées pendant une heure à la température de 135 à 138° sous une pression de 3 à 3 1/2
II	85	5	10	Sulfure d'antimoine.	1,070	
III	75	5	20	Sulfure d'antimoine.	1,101	
IV	80	10	10	Oxyde de zinc.	1,087	
V	50	10	40	Oxyde de zinc.	1,283	
VI	10	10	80	Oxyde de zinc.	1,514	
VII	80	10	5 5	Oxyde de zinc. Craie.	1,184	
VIII	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Craie.	1,255	
IX	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Craie.	1,452	
X	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Fluorure de calcium.	1,295	
XI	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Fluorure de calcium.	1,502	
XII	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Oxyde de plomb.	1,340	
XIII	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Oxyde de plomb.	1,569	
XIV			n'a pu être exécuté.		—	
XV	50	10	40	Huile vulcanisée.	1,053	
XVI	30	10	60	Huile vulcanisée.	1,052	
XVII	50	10	40	Huile traitée au chlorure de soufre.	1,054	
XVIII	30	10	60	Huile traitée au chlorure de soufre.	1,031	
XIX	87	10	3	Magnésie calcinée.	1,130	
XX	87	10	3	Chaux hydratée.	1,027	
XXI	75	10	15	Paraffine.	1,075	
XXII	65	10	25	Paraffine.	1,041	
XXIII			n'a pu être exécuté.		—	
XXIV			n'a pu être exécuté.		—	
XXV	75	10	15	Térébenthine.	1,030	
XXVI	65	10	25	Térébenthine.	1.065	
XXVII	85	10	5	Glycérine.	1.062	
XXVIII	80	10	10	Glycérine.	1,060	
XXIX	80	10	10	Bitume.	1,080	
XXX	70	10	20	Bitume.	1,085	
XXXI	60	10	30	Poudrette de régénérés (Tampons).	1,101	
XXXII	30	10	60	Poudrette de régénérés (Tampons).	1,101	
IA	Feuille anglaise vulcanisée à froid	5	—	—	0,925	

Explication des signes : +, augmentation. ÷, diminution. —, sans changement.

LEURS ESSAIS SUR LE CAOUTCHOUC VULCANISÉ ET L'ÉBONITE (DURCI)

ques

Action 'acide acétique — difications 0/0		Action de la lessive de soude caustique — Modifications 0/0		Action de l'ammoniaque — Modifications 0/0		Action de l'huile de colza —	Action des huiles minérales de graissage —	Action d'un mélange de 90 0/0 huile minérale et 10 0/0 suif —	Action du gaz d'éclairage —
lumes	en poids	en volumes	en poids	en volumes	en poids	Modifications en volumes 0/0	Modifications en volumes 0/0	Modifications en volumes 0/0	Modifications en poids 0/0
2,912	+ 0,932	—	÷ 4,354	—	÷ 0,727	+ 23,214	+ 42,718	ent. dissous	+ 9,765
2,985	+ 2,097	—	÷ 4,354	—	÷ 0,974	+ 20,617	+ 39,694	+ 53,846	+ 9,156
3,846	+ 3,048	—	÷ 4,271	—	÷ 0,896	+ 28,431	+ 51,485	+ 34,615	+ 7,561
,854	+ 29,132	—	÷ 2,971	—	÷ 0,326	+ 25,242	+ 39,423	+ 21,782	+ 11,079
3,155	+ 153,035	—	÷ 0,084	—	÷ 0,314	+ 32,110	+ 43,519	+ 58,878	+ 10,085
7,868	+ 116,950	—	÷ 0,087	—	÷ 0,779	+ 47,272	+ 36,440	+ 78,947	+ 7,674
5,357	+ 30,887	—	÷ 2,824	—	÷ 0,629	+ 24,137	+ 40,178	+ 65,765	+ 10,863
3,828	+ 131,899	—	÷ 2,059	—	÷ 0,856	+ 37,247	+ 46,296	+ 77,570	+ 7,370
9,464	+ 160,097	÷ 0,892	÷ 1,422	—	÷ 0,507	+ 27,193	+ 35,593	+ 65,853	+ 5,821
7,475	+ 62,616	÷ 1,000	÷ 3,348	—	÷ 0,455	+ 28,853	+ 40,384	+ 51,923	+ 8,549
,730	+ 124,539	—	÷ 2,160	—	÷ 0,512	+ 28,571	+ 41,121	+ 65,048	+ 1,452
2,765	+ 78,542	—	÷ 1,150	—	÷ 0,011	+ 37,894	+ 38,613	+ 53,763	+ 10,043
3,711	+ 77,411	—	÷ 0,282	—	÷ 0,388	+ 28,712	+ 30,000	+ 47,916	+ 8,695
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	+ 0,560	÷ 1,388	÷ 5,745	—	÷ 0,787	+ 21,428	+ 50,714	ent. dissous	+ 11,793
	+ 2,180	—	÷ 4,965	÷ 3,571	÷ 0,744	+ 20,339	+ 32,773	»	+ 14,047
,709	+ 6,373	÷ 7,017	÷ 9,723	÷ 1,724	÷ 2,147	+ 11,111	+ 44,545	»	+ 7,574
2,970	+ 8,695	÷ 9,708	÷ 9,658	÷ 1,941	÷ 1.649	+ 14,423	+ 55,445	»	+ 7,987
,231	+ 18,718	—	÷ 1,321	—	÷ 0,247	+ 6.250	+ 36,440	»	+ 10,143
,273	+ 6,297	÷ ,0847	÷ 6,569	—	÷ 0,327	+ 18,487	+ 29,752	»	+ 10,043
,063	÷ 0,354	÷ 10,588	÷ 5,602	—	÷ 1,722	+ 23,595	+ 43,750	»	+ 12,758
,197	÷ 0,674	÷ 7,692	÷ 4,847	—	÷ 2,882	+ 10,000	+ 35,781	»	+ 13,581
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	+ 2,732	—	÷ 5,210	—	+ 0,239	+ 20,491	+ 39,603	ent. dissous	+ 10,363
	+ 6,442	—	÷ 5,961	—	+ 0.496	+ 26,732	+ 31,460	—	+ 11,382
	÷ 0,420	÷ 5,940	÷ 7,628	—	+ 0,308	+ 23,904	+ 48,214	—	+ 11,618
	+ 2,400	÷ 3,846	÷ 7,992	—	+ 3,909	+ 21,551	+ 45,794	—	+ 8,905
,980	+ 0,650	—	÷ 4,382	—	+ 0,121	+ 10,434	+ 45,714	+ 73,684	+ 12,514
	÷ 0,607	—	÷ 3,425	—	+ 0,225	+ 17,647	+ 40,740	+ 75,757	+ 11,248
	+ 0,332	÷ 2,849	—	—	+ 0,718	+ 14,150	+ 53,846	ent. dissous	+ 10,810
,769	+ 0,729	÷ 0,833	÷ 3,473	+ 0,869	÷ 2,031	+ 15,789	+ 47,000	»	+ 5,807
	—	—	—	—	+ 1,592	+ 28,461	+ 54,198	»	+ 15,121

TABLEAU RÉSUMANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR HEINZERLING ET P

Es

A. *Échantillons préparés sur les données des auteurs*

Numéros d'ordre	Para-Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantités et nature des adjuvants		Poids spécifique avant l'essai	Observations	Module de charge — Pour 1 mm^2 grammes	Modu[le] de rés[is]tan[ce] — Pour 1 mm[2] gramm[es]
I . . .	90	10	0	—	0,999	Les éprouvettes de cette série ont toutes été vulcanisées pendant une heure à la température de 135 à 138° sous une pression de 3 à 3 1/2	48,5	213
II . . .	85	5	10	Sulfure d'antimoine.	1,070		38	213
III. . .	75	5	20	Sulfure d'antimoine.	1,101		47,5	259
IV. . .	80	10	10	Oxyde de zinc.	1,087		48,5	427
V . . .	50	10	40	Oxyde de zinc.	1,283		47,5	480
VI. . .	10	10	80	Oxyde de zinc.	1,514		43,5	543
VII . .	80	10	5 5	Oxyde de zinc. Craie.	1,184		46	440
VIII . .	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Craie.	1,255		65	542
IX. . .	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Craie.	1,452		69	653
X. . .	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Fluorure de calcium.	1,295		48	404
XI. . .	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Fluorure de calcium.	1,502		77,5	563
XII . .	50	10	20 20	Oxyde de zinc. Oxyde de plomb.	1,340		31,5	404
XIII . .	10	10	40 40	Oxyde de zinc. Oxyde de plomb.	1,569		31	352
XIV . .	n'a pu être exécuté.				—		—	—
XV . .	50	10	40	Huile vulcanisée.	1,053		22,5	220
XVI . .	30	10	60	Huile vulcanisée.	1,052		22,5	77
XVII. .	50	10	40	Huile traitée au chlorure de soufre.	1,054		16	66
XVIII. .	30	10	60	Huile traitée au chlorure de soufre.	1,031		15	55
XIX . .	87	10	3	Magnésie calcinée.	1,130		70,5	427
XX . .	87	10	3	Chaux hydratée.	1,027		45	225
XXI . .	75	10	15	Paraffine.	1,075		15	109
XXII . .	65	10	25	Paraffine.	1,041		14	115
XXIII. .	n'a pu être exécuté.				—		—	—
XXIV. .	n'a pu être exécuté.				—		—	—
XXV. .	75	10	15	Térébenthine.	1,030		15	96
XXVI. .	65	10	25	Térébenthine.	1,065		12	51
XXVII .	85	10	5	Glycérine.	1,062		29,5	376
XXVIII .	80	10	10	Glycérine.	1,060		25,5	365
XXIX. .	80	10	10	Bitume.	1,080		45	342
XXX. .	70	10	20	Bitume.	1,085		67,5	407
XXXI. .	60	10	30	Poudrette de régénérés (Tampons).	1,101		29	178
XXXII .	30	10	60	Poudrette de régénérés (Tampons).	1,101		25,5	156
IA. . .	Feuille anglaise vulcanisée à froid	5	—	—	0,925		38,5	230

URS ESSAIS SUR LE CAOUTCHOUC VULCANISÉ ET L'ÉBONITE (DURCI)

ces

Modifications de la forme sous l'action d'une compression énergique				Modifications de la forme sous le choc répété du marteau				Pouvoir isolant	Action de la chaleur
épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m	épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m	Dépressions constatées	
0,95	1,18	0,93	9,00	0,95	1,54	0,74	2,75	117	Normale
1,36	1,48	1,27	9,00	1,31	1,68	1,03	4,50	12	»
1,08	1,16	1,01	8,25	1,10	1,40	0,90	5,00	6	»
1,01	1,07	0,98	9,50	1,00	1,31	0,82	4,50	171	»
1,12	1,15	1,10	9,50	1,09	1,40	0,91	4,75	123	»
1,17	1,20	1,11	9,50	1,11	1,35	0,99	5,50	4	»
1,05	1,15	1,01	9,00	1,05	1,30	0,91	4,25	4	»
1,09	1,20	1,02	9,00	1,02	1,28	0,90	4,75	4	»
1,14	1,21	1,03	9,00	1,13	1,56	0,95	5,00	3,5	»
0,98	1,02	0,91	9,00	1,00	1,42	0,82	4,75	2	»
1,03	1,07	0,95	9,00	1,09	1,26	0,89	4,50	3,5	»
0,94	0,89	0,85	8,25	0,93	1,15	0,82	3,50	225.7 après 3'15"	»
0,91	0,84	0,86	8,00	0,91	1,19	0,78	4,00	220,5 après 3'45"	»
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,85	0,96	0,75	6,50	0,78	1,22	0,67	4,75	9	Si on élève la tem dégag. de vape
1,19	incommensur.	0,92	4,25	1,15	1,21	0,91	5,00	2	»
0,96	1,21	0,84	5,50	1,02	1,05	0,73	3,75	50	»
1,00	1,29	0,91	incommensur.	0,94	0,96	0,64	4,50	222 après 3'30"	»
1,04	1,08	1,03	10,00	1,01	1,26	0,91	4,50	7,5	Normale
1,23	1,35	1,06	8,50	1,21	1,55	0,96	3,25	9,5	»
0,91	1,13	0,78	7,50	1,21	1,55	0,96	3,25	1	A temp. plus élev dégag. de vape
1,15	1,20	1,01	7,25	1,11	1,45	0,77	5,75	0	»
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,06	1,25	0,97	8,50	1,16	1,54	1,01	3,25	1,5	A temp. plus éle dégag. de vape devient poisseu
1,02	1,21	0,91	8,50	1,09	1,26	0,82	4,00	1,5	»
1,07	1,41	1,00	7,75	1,03	1,64	0,89	4,25	3	A temp. plus élev dégag. de vape
1,14	1,35	1,03	8,00	1,16	1,92	0,92	2,50	5	»
1,25	1,92	1,15	4,50	1,28	1,73	1,06	3,75	2	Normale.
1,07	1,42	0,95	3,50	1,08	1,49	0,90	2,00	2	»
1,04	1,35	0,91	2,50	1,03	1,32	0,91	2,75	3,5	»
1,25	1,44	1,17	4,50	1,42	1,86	1,08	4,00	1,5	»
1,38	1,88	1,25	10,00	1,38	1,56	1,29	7,75	2,22 après 3"	»

TABLEAU RÉSUMANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR HEINZERLING ET P

Ess

B. Articles commerciaux dont la composition fut donnée par l'usine

Numéros d'ordre	Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantité et nature des adjuvants	Poids spécifique donné par l'usine après fabrication	Poids spécifique trouvé 2 ans 1/2 après	Action de l'acide sulfuriq — Modifications de poid 0/0
1	91	9	0 —	0,990	0,999	+ 0,5
2	82	8	10 Craie.	1,100	1,111	+ 0,9
3	43	5	7 Huile vulcanisée. 45 Oxyde de zinc.	1,400	1,490	+ 0,4
4	47	7	27 Craie. 19 Oxyde de zinc.	1,400	1,500	÷ 1,4
5	66	0	16 Sulfure d'antimoine. 9 Craie. 9 Oxyde de zinc.	[illegible]	1,304	÷ 0,6
6	70	7	23 Craie.	[illegible]	1,222	÷ 0,8
7	92	0	8 Métal (1).	[illegible]	1,111	÷ 1,1
8	71	7	16 Craie. 6 Oxyde de zinc. 6 Huile vulcanisée.	[illegible]	[illegible]	÷ 0,8
9	58	0	30 Craie. 5 Métal (1). 1 Pasta (2). 4 Huile vulcanisée.	[illegible]	[illegible]	÷ 0,5
10	36	6	27 Craie. 27 Oxyde de zinc. 6 Huile vulcanisée.	[illegible]	1,720	÷ [illegible]
11	31	6	15 Craie. 40 Oxyde de zinc. 2 Pasta (2). 4 Huile vulcanisée.	[illegible]	[illegible]	÷ 0,8
12	39	0	10 Craie. 3 Oxyde de zinc. 3 Métal (1). 1/2 Paraffine. [illegible] [illegible] [illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 1,3
13		0	6 Huile vulcanisée. [illegible] Craie. 1/2 [illegible] 1/2 [illegible] [illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 23,4
14	39	0	[illegible] Craie. [illegible] Oxyde de zinc. [illegible] Métal (1). [illegible] Pasta (2).	—	[illegible]	+ 5,8
15	30	0	[illegible] Craie. [illegible] Métal (1). [illegible] [illegible] [illegible]	—	2,044	+ 41,6

Explication des signes : [illegible] changement.

LEURS ESSAIS SUR LE CAOUTCHOUC VULCANISÉ ET L'ÉBONITE (DURCI)

ques

Action …cide acétique — …ifications 0/0		Action de la lessive de soude caustique — Modifications 0/0		Action de l'ammoniaque — Modifications 0/0		Action de l'huile de colza — Modifications en volumes 0/0	Action des huiles minérales de graissage — Modifications en volumes 0/0	Action d'un mélange de 90 0/0 huile minérale et 10 0/0 suif — Modifications en volumes 0/0	Action du gaz d'éclairage — Modifications en poids 0/0
…mes	en poids	en volumes	en poids	en volumes	en poids				
714	+ 2,540	—	÷ 1,934	—	+ 1,503	+ 18,045	+ 36,641	+ 89,312	+ 12,431
083	- 37,688	—	÷ 2,332	+ 3,937	+ 3,357	+ 6,666	+ 23,664	+ 70,992	+ 12,139
259	+ 51,319	—	÷ 3,058	+ 0,402	+ 4,309	+ 47,663	+ 31,428	+ 84,955	+ 6,027
216	+ 81,790	—	÷ 1,847	+ 4,001	+ 4,722	+ 3,703	+ 10,077	+ 55,118	+ 5,596
075	+ 90,209	—	÷ 0,564	+ 16,071	+ 2,877	+ 6,140	+ 12,931	+ 7,692	+ 8,271
190	+ 72,947	—	÷ 1,534	+ 5,660	+ 6,600	+ 5,737	+ 12,068	+ 18,333	+ 8,059
205	+ 26,263	÷ 1,470	÷ 1,266	+ 11,450	+ 23,550	—	+ 8,450	+ 34,677	+ 8,413
278	+ 53,321	—	÷ 1,600	+ 15,217	+ 17,652	+ 6,382	+ 18,556	+ 54,347	+ 4,836
527	+ 78,623	—	÷ 4,650	+ 10,250	+ 22,405	—	+ 5,042	+ 13,559	+ 4,133
341	+ 11,298	—	÷ 19,083	+ 6,299	+ 6,863	+ 27,480	+ 30,708	+ 81,679	+ 4,494
481	+ 13,589	÷ 0,699	÷ 20,551	+ 4,347	+ 6,238	+ 20,595	+ 21,428	+ 64,492	+ 5,069
126	+ 31,422	—	÷ 14,724	+ 7,438	+ 6.009	+ 27,168	+ 22,413	incommensurable	+ 5,843
355	÷ 21,078	—	÷ 1,601	+ 9,090	+ 8,391	+ 15,125	+ 14,876	+ 47,580	+ 4,020
705	+ 15,703	—	÷ 1,655	+ 10,156	+ 8,665	+ 7,031	+ 8,064	+ 33,343	+ 3,837
538	+ 15,228	—	÷ 0,163	+ 6,666	+ 6,474	+ 10.687	+ 11,627	+ 27,480	+ 3,122

TABLEAU RÉSUMANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR HEINZERLING ET PA

Essa

B. *Articles commerciaux dont la composition fut donnée par l'usine*							Module de charge	Module de résistance
Numéros d'ordre	Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantité nature des adjuvants		Poids spécifique donné par l'usine après fabrication	Poids spécifique trouvé 2 ans 1/2 après	Pour 1 mm2 grammes	Pour 1 mm2 gramme
1	91	9	0	[illegible]	0,990	0,999	33,5	201
2	82	8	10	[illegible]	1,100	1,111	40	230
3	43	5	7 45	[illegible] [illegible]	1,400	1,490	21	349
4	47	7	27 19	[illegible] [illegible]	1,400	1,500	38,5	124
5	66	0	16 9 9	[illegible]oine. [illegible] [illegible]	1,200	1,304	43	173
6	70	7	23	[illegible]	1,[illegible]65	1,122	15	86
7	92	0	8	[illegible]).	0,999	1,111	16	25
8	71	7	16 6	Craie. Oxyde de zinc.	1,450	1,660	31,5	63
9	58	0	6 30 5 1	Huile vulcanisée. Craie. Métal (1). Pasta (2).	1,215	1,330	12	33
10	36	6	4 27 27	Huile vulcanisée. Craie. Oxyde de zinc.	1,550	1,720	37,5	183
11	31	6	6 15 40 2	Huile vulcanisée. Craie. Oxyde de zinc. Pasta (2).	1,600	1,806	36	145
12	39	0	4 10 3 3 1/2 32 8 8	Huile vulcanisée. Craie. Oxyde de zinc. Métal (1). Paraffine. Spath fluor. Mixture (3). Sulfure d'antimoine.	1,650	1,920	24	81
13	21	0	6 52 1/2 1/2 11	Huile vulcanisée. Craie. Paraffine. Pasta (2). Régénérés.	s. indicat. à l'usine	1,760	41,5	116
14	30	0	40 25 3 2	Craie. Oxyde de zinc. Métal (1). Pasta (2).	id.	1,803	38,5	161
15	30	0	18 3 2 35 12	Craie. Métal (1). Pasta (2). Spath fluor. Oxyde de plomb.	id.	2,041	22,5	61

:URS ESSAIS SUR LE CAOUTCHOUC VULCANISÉ ET L'ÉBONITE (DURCI)

tes

Modifications de la forme sous l'action d'une compression énergique				Modifications de la forme sous le choc répété du marteau				Pouvoir isolant	Action de la chaleur
épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m	épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m	— Dépressions constatées	
1,36	1,62	1,29	9	1,42	2,04	1,18	2,75	200,5	Normale
1,26	1,75	1,24	5,50	1,32	1,72	1,08	1,50	98	»
1,10	1,27	1,04	7,50	1,14	1,48	1,02	4,75	16,5	En élev. la temp. dégag. de vap. et color. jaune de la gomme.
1,18	1,25	1,04	5,25	1,28	1,42	1,07	4,50	36,5	Devient cassant et change de couleur.
1,10	1,20	1,03	6,50	1,09	1,16	1,01	5	120,5	Devient mou et spongieux à 150°
1,25	1,32	1,16	7.25	1,29	1,36	1,10	5,25	146	Dev. dur et cassant.
1,21	1,06	0,91	7,50 (12,50)	1,24	1,01	0,90	6,25	5	Devient dur et plus cassant encore.
0,39	0,76	0,82	7,50 (13,25)	0,92	0,87	0,75	7	221,5 après 4'15"	Se boursoufle et casse.
1,12	0,82	0,87	9,25 (14)	1,15	0,86	0,82	9,24	15	Devient encore plus cassant que précédemment.
1,29	1,35	1,20	7,75	1,29	1,64	1,12	4	157	De 40 à 50° fait spirale et casse.
1.34	1,41	1,27	6.50	1,38	1.46	1,24	5,25	250,5	Fait spirale.
1,25	1,21	1,04	6,50 (12,50)	1,24	1,08	1,05	7	247	Devient très mou.
1,16	0,91	1,18	6,25	1,23	1,07	1,03	9 (12)	134	Devient spongieux et cassant au-delà de 13[illegible].
1,27	0,78	1,07	8,25 (14,50)	1,24	1.06	1,03	9,25 (12,50)	101	Devient cassant.
1.31	0,88	0,90	8 (15.50)	1,32	1,22	1,04	8,25 (12)	226	Devient spongieux et cassant.

TABLEAU RÉSUMANT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR HEINZERLING ET PAH[...]

Essais

C. *Echantillons en durci préparés sur les données des auteurs*						Observations	Action de l'acide sulfurique — Modifications de poids 0/0
Numéros d'ordre	Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantités et nature des adjuvants		Poids spécifique		
XXXIII	80	20	0	—	1,095		÷ 2,028
XXXIV	60	20	10 10	Térébenthine. Colophane.	—		+ 15,133
XXXV	50	20	15 15	Térébenthine. Colophane.	—		÷ 2,018
XXXVI	60	20	20	Bitume de Judée.	—		+ 28,531
XXXVII	40	20	40	Bitume de Judée.	—		÷ 9,504
XXXVIII	70	20	10	Sulfure de mercure.	1,177		÷ 3,225
XXXIX	60	20	20	Sulfure de mercure.	1,384		+ 17,551
XL	40	20	10 30	Térébenthine. Hydrate de chaux.	1,275		÷ 2,603
XLI	10	20	10 60	Térébenthine. Hydrate de chaux.	1,311		÷ 7,880
XLII	40	20	10 30	Térébenthine. Magnésie calcinée.	1,203		÷ 4,203
XLIII	10	20	10 60	Térébenthine. Magnésie calcinée.	1,428		÷ 8,333
XLIV	65	35	—	—	—		—

Explication des signes : +, augmentation. ÷, diminution. —, sans changement.

Essais

C. *Echantillons en durci préparés sur les données des auteurs*						Observations	Module de charge — Pour 1 mm grammes	Module de résistance — Pour 1 mm grammes
Numéros d'ordre	Caoutchouc 0/0	Soufre 0/0	Quantités et nature des adjuvants		Poids spécifique			
XXXIII	80	20	0	—	1,095		43,5	165
XXXIV	60	20	10 10	Térébenthine. Colophane.	—		15	142
XXXV	50	20	15 15	Térébenthine. Colophane.	—		12	46
XXXVI	60	20	20	Bitume de Judée.	—		17	69
XXXVII	40	20	40	Bitume de Judée.	—		24	244
XXXVIII	70	20	10	Sulfure de mercure.	1,177		32,5	197
XXXIX	60	20	20	Sulfure de mercure.	1,384		61	341
XL	40	20	10 30	Térébenthine. Hydrate de chaux.	1,275		22,5	122
XLI	10	20	10 60	Térébenthine. Hydrate de chaux.	1,311		10	55
XLII	40	20	10 30	Térébenthine. Magnésie calcinée.	1,203		31,7	390
XLIII	10	20	10 60	Térébenthine. Magnésie calcinée.	1,428		25,9	272
XLIV	65	35	—	—	—		excellent	excellent

LEURS ESSAIS SUR LE CAOUTCHOUC VULCANISÉ ET L'ÉBONITE (DURCI)

iques

Action l'acide acétique — odifications 0/0		Action de la lessive de soude caustique — Modifications 0/0		Action de l'ammoniaque — Modifications 0/0		Action de l'huile de colza — Modifications en volumes 0/0	Action des huiles minérales de graissage — Modifications en volumes 0/0	Action d'un mélange de 90 0/0 huile minérale et 10 0/0 suif — Modifications en volumes 0/0	Action du gaz d'éclairage — Modifications en volumes 0/0
olumes	en poids	en volumes	en poids	en volumes	en poids				
	+ 0,746	—	÷ 2,692	—	+ 0,490	+ 12,068	+ 7,874	+ 20,000	+ 11,629
	÷ 3,501	—	÷ 1,426	—	+ 0,611	+ 2,728	—	+ 2,932	+ 11,339
2,608	÷ 4,989	—	÷ 0,187	—	+ 0,428	+ 1,428	—	+ 6,293	+ 8,053
	÷ 7,345	—	÷ 0,112	—	+ 0,344	+ 6,440	+ 1,418	+ 26,086	+ 11,804
	÷ 9,127	—	÷ 3,192	—	+ 0,488	+ 4,918	+ 1,515	+ 16,883	+ 10,062
2,000	÷ 0,114	—	÷ 3,182	—	+ 0,406	—	+ 11,956	+ 41,758	+ 8,571
	—	—	÷ 2,361	—	+ 0,281	—	+ 7,777	+ 33,707	+ 0,581
3,200	+ 25,454	—	÷ 1,404	—	÷ 0,689	+ 0,862	+ 0,862	+ 20,000	+ 9,311
4,964	+ 61,148	÷ 2,054	÷ 14,145	÷ 1,351	÷ 8,198	—	—	+ 7,284	+ 7,296
	÷ 1,296	—	÷ 1,278	—	+ 0,396	—	—	—	+ 7,472
	÷ 2,886	—	÷ 0,539	—	+ 0,396	—	—	—	+ 4,510
	—	—	÷ 0,646	—	—	—	—	—	+ 3,569

iques

ite sti- té — m/m ar m/m	Modifications de la forme sous l'action d'une compression énergique				Modifications de la forme sous le choc répété du marteau				Pouvoir isolant — Dépressions constatées	Action de la chaleur
	épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m	épaisseur initiale en m/m	épaisseur des bords renflés en m/m	épaisseur du milieu en m/m	écartement des bords extrêmes en m/m		
	1,25	1,44	1,17	4,50	1,26	1,23	1,20	—	103	Normal
	2,30	1,71	—	10,50	2,38	2,25	2,25	10,000	575	Dégag. de vapeurs
	1,04	0,89	0,89	11,50	2,07	1,57	1,57	—	8	»
	1,67	1,65	1,66	11	1,92	1,67	1,67	11,25	60	Devient mou
	1,72	1,54	1,55	12,25	2,81	2,24	2,25	11	2	»
	0,96	0,86	0,87	10	0,93	0,87	0,87	11,25	111	Normal
	0,91	0,89	0,89	10	0,95	0,93	0,93	10	46	»
	1,20	1,42	1,02	7,50	1,22	1,41	0,98	6,50	105,5	Dégage de l'hydrogène sulfuré
	1,56	1,67	1,21	3,50	1,36	brisé	—	—	3	»
	1,32	0,79	0,89	12,50	0,97	0,76	0,85	11,50	220 après 3'45"	Normal
,25	0,61	0,50	0,50	11,25	0,62	0,55	0,57	11	218 après 3'15"	»
um.	1,27	1,27	1,27	10	1,25	1,29	1,29	bords écaillés	68	»

Nous ne pouvons pas suivre les auteurs dans les considérations dont ils font suivre chacun de leurs essais. Le tableau et ses indications sont assez clairs, et nous nous adressons à une série de lecteurs dont l'éducation technique est suffisamment développée pour que chacun d'eux puisse tirer des faits consignés les déductions appropriées à leurs études. Nous appellerons cependant leur attention sur les essais des articles commerciaux, tels que l'usine les a livrés aux auteurs (tableau B.) et dans lesquels trois espèces de vulcanisants S métal, Pasta (Pâte) et Mixture ont remplacé en tout ou en partie le soufre de vulcanisation.

Ces produits, dont les vendeurs tiennent toujours la composition secrète, fournissent dans la majorité des cas des produits défectueux et dont la défectuosité ne devient d'ailleurs manifeste qu'au bout d'un certain temps.

Heinzerling et Pahl ont cherché à connaître la composition de ces trois adjuvants et ils ont cru reconnaître :

(1) Du soufre et les divers composés du bleu d'Outremer.
(2) De la paraffine ou une résine additionnée de déchets, le tout dissous dans la térébenthine et mélangé avec du plâtre, de la chaux et de la magnésie.
(3) La térébenthine servant de véhicule à du régénéré.

Les conclusions de ce long et important travail sont les suivantes :

1° Toutes les additions organiques ou minérales diminuent l'élasticité du caoutchouc souple ; 10 °/ₒ de soufre comme agent de vulcanisation donnent les résultats les plus avantageux sous le rapport de l'élasticité. Au contraire, certaines additions organiques telles que térébenthine, colophane, bitume, ainsi bien que certaines additions minérales telles que le sulfure de mercure et la chaux hydratée, loin de nuire à cette élasticité, contribuent même quelquefois à l'exalter.

2° Le module de charge augmente dans le souple par l'addition dans une certaine mesure de bitume, de craie, de spath fluor, d'oxyde de zinc et surtout de magnésie calcinée.

Le module du durci s'accroît par l'addition de sulfure de mercure et de magnésie, ainsi que par une vulcanisation plus prolongée et une dose de soufre plus considérable.

Toutes les autres additions minérales (oxyde de plomb, chaux hydratée), et tous les adjuvants organiques, à l'exception du bitume en petites quantités, ne peuvent que diminuer le module de charge du durci.

3° Les additions minérales comme l'oxyde de zinc, l'oxyde de plomb, la craie, la magnésie, l'hydrate de chaux, le bitume, la glycérine exaltent le coefficient de résistance du souple.

Le coefficient devient plus élevé dans le durci par l'emploi d'une plus grande quantité de bitume, de térébenthine et de colophane additionnés de chaux ou de magnésie, pourvu qu'on ne dépasse pas certaines limites. Il en est de même du sulfure de mercure. Par contre, le module de résistance du caoutchouc est sensiblement diminué par l'intervention des huiles vulcanisées, de la térébenthine et la paraffine.

4° La gomme pure additionnée de soufre a été considérée à tort comme le meilleur isolant ; toute une série de mélanges du caoutchouc avec certains oxydes métalliques, l'oxyde de zinc, l'hydrate de chaux, la magnésie calcinée (en faibles proportions), le sulfure d'antimoine ainsi que toutes les additions organiques habituellement en usage ; les huiles vulcanisées au soufre, celles vulcanisées à froid par le chlorure de soufre (en quantités très modérées), la

rébenthine, la colophane, la paraffine donnent au point de vue du pouvoir isolant un résultat bien supérieur au caoutchouc vulcanisé pur. Le pouvoir isolant du souple additionné de paraffine est celui qui est le plus élevé.

Le sulfure de mercure, l'oxyde de plomb diminuent au contraire la propriété diélectrique du caoutchouc. Il en est de même d'un excès de magnésie. C'est le caoutchouc vulcanisé à froid qui donne les plus mauvais résultats sous ce rapport.

5° Tous les mélanges dans lesquels entrent des adjuvants organiques dégagent des vapeurs si on les soumet à une température de 130 à 150°; ce genre de mélange est donc à éviter si la gomme est appelée à être exposée à une température un peu élevée.

Les autres mixtures se comportent généralement bien à ce point de vue.

6° Tous les mélanges contenant de la craie, du spath fluor, de l'oxyde de plomb, de l'oxyde de zinc sont fortement éprouvés par l'acide sulfurique aussi bien que par l'acide acétique, et le poids augmente régulièrement soit qu'il y ait formation de sels insolubles comme le sulfate de chaux, soit aussi de sels basiques (acétates basiques de plomb, de zinc, etc.)

L'action destructive des huiles est atténuée surtout par l'addition d'oxyde de zinc et de plomb : les autres adjuvants inorganiques sont moins efficaces. Les alcalis et le gaz d'éclairage ne modifient pas suffisamment les divers composés étudiés pour qu'on puisse en tirer quelque conclusion probante. Enfin les adjuvants organiques employés contribuent tous à préserver plus ou moins la matière de l'action corrosive des acides.

7° La généralité des composés de caoutchouc ayant subi un mélange avec une matière minérale durcissent et cassent après un magasinage plus ou moins prolongé. Ils offrent alors une résistance moins énergique aux sollicitations mécaniques. Quant au pouvoir isolant, il ne semble pas avoir à en souffrir.

8° Le durci n'a pas un emploi aussi considérable que le souple : on l'emploie surtout dans la fabrication des produits chimiques et la confection des électriques.

Dans le premier cas il doit être aussi exempt que possible d'adjuvants minéraux.

Dans le deuxième, il gagne à être associé avec la résine et la paraffine.

Pour terminer cet exposé des méthodes d'analyse employées, voici les *conditions à exiger des caoutchoucs manufacturés* d'après le Dr *Lobry de Bruyn*. (Chem. Zeitung. 1894, p. 329).

Les caractères à examiner sont :

1° *La perte de substance* par extraction à la soude alcoolique ; cette perte ne doit pas dépasser 8 % du poids de la substance organique (déduction faite des cendres et du soufre). L'essai se fait sur grammes de caoutchouc réduit en feuille mince ; on chauffe durant six heures au réfrigérant à reflux avec 50° d'une solution 6 % de soude caustique pure dans l'alcool à 96 %. L'extrait alcoolique ne doit contenir que du soufre et des résines, point de savons. La perte de poids est déterminée en lavant le résidu de extraction, laissant vingt-quatre heures dans l'eau, recueillant et séchant sur filtre taré à 100° C.

2° *L'influence de la chaleur sèche.* On expose durant deux heures dans une étuve chauffée à 135° environ 2 grammes de l'échantillon coupé en minces lanières. Après cette épreuve, le caoutchouc doit conserver à peu près ses propriétés premières. Il doit perdre au plus 5 % de son poids.

3° *L'influence de l'eau chaude sous pression.* Un morceau, de

poids quelconque, est chauffé pendant quatre heures à 170° environ, baignant dans l'eau. Les propriétés du caoutchouc ainsi traité ne doivent pas être sensiblement altérées.

4° *Les cendres*. Calciner avec précaution, d'abord à très petite flamme de 0,5 à 1 gr. de caoutchouc.

On remarquera que l'auteur n'impose aucun maximum de soufre. En effet, il a trouvé des caoutchoucs à 7 °/₀ et 7, 3 °/₀ de soufre, de qualité aussi satisfaisante que ceux qui n'en contenaient que 4 à 3 °/₀. D'un autre côté, la limite fixée pour la perte à l'extraction par la soude alcoolique (8 °/₀), empêche l'addition d'un trop grand excès de soufre. L'auteur se borne donc à demander que les caoutchoucs résistent bien aux épreuves ci-dessus ; il admet l'addition de matières minérales en proportions plus ou moins fortes, suivant les usages auxquels sont destinés les produits. Il a eu sous la main d'excellentes sortes contenant 25 °/₀ et plus de matières minérales. Parmi celles-ci, il lui a semblé que c'est l'oxyde de zinc qui, à poids égal, altère le moins les propriétés du caoutchouc.

Pour les caoutchoucs rouges, on peut exiger qu'ils soient colorés exclusivement au sulfure d'antimoine et non avec des ocres, rouges de Venise, et autres colorants analogues ; il est bien reconnu que les premiers durent bien plus que les seconds.

CHAPITRE XII

SUCCÉDANÉS DU CAOUTCHOUC. — CAOUTCHOUCS FACTICES

es hauts prix auxquels atteint souvent le caoutchouc pour une se ou pour une autre ont incité les industrtels à chercher s'il ait pas possible de remplacer cette matière première totalement du moins partiellement par des produits naturels ou des comés artificiels jouissant de propriétés suffisamment analogues, t en étant d'un prix de revient inférieur.

'oorongite ou caoutchouc d'Australie. — La nature nous fournit de matières susceptibles de servir directement de succédanés hydrocarbures solides appelés caoutchoucs. C'est ainsi que nous nous arrèterons que pour mémoire au *caoutchouc fossile* de ijas de Saint-Fond, trouvé dans des fissures naturelles des mines Castelton, matière bitumineuse noirâtre, compressible et même stique, ressemblant à des morceaux de vieux cuir, qui fut signa- plus tard sous le nom d'*Elatérite* dans les carrières des envis d'Angers, en France, et de Newhaven (Connecticut) aux ıts-Unis.

Mais cette même matière, qu'on ne rencontre qu'accidentellement ns les deux stations précitées et en quantités infiniment petites, se rouve à Coorony et Adélaïde, dans le sud de l'Australie, et y fait bjet d'une exploitation industrielle.

Cette substance, la Coorongite, n'a pas été étudiée suffisamment ur qu'il soit possible de s'expliquer avec quelque certitude sur sa ritable origine. On la rencontre en gisements assez épais sur le ble de ces localités : certains auteurs prétendent que ce produit ne rait autre que le suc desséché d'une végétation disparue, transrmé par la chaleur et la pression des gisements dans lesquels elle e trouve encastrée en masses résino-bitumineuses. D'autres lui ttribuent une origine minérale qui ne serait autre que celle qui ngendre le naphte et le pétrole.

La Coorongite est un hydrocarbure du poids spécifique de 0,982 à 0,990 ; elle ressemble assez à certaines espèces de caoutchouc : elle est molle, élastique et ductile, brûle avec une flamme fuligineuse mais sans dégager d'odeur ; son odeur naturelle est celle du caoutchouc ; elle se laisse facilement débiter, elle est adhérente, mais sans maculer la main. Une lamelle finement découpée, examinée au microscope décèle une structure celluleuse, granulée, traversée par ne matière fibreuse tout comme un champignon desséché. Ce fait ous porte à admettre que la Coorongite est d'origine végétale ;

mais il est difficile d'en déduire qu'elle est simplement le résultat de l'échauffement et de la compression d'un tissu végétal modifié dans son essence, ou qu'elle est le suc desséché d'une plante quelconque. A la distillation sèche, elle fournit, d'après Heinzerling, 82 °/₀ de carbures d'hydrogène liquides ou gazeux.

Nous n'avons pu rencontrer dans la littérature technique spéciale aucune indication sur l'emploi direct de cette substance, mais il y a tout lieu de croire qu'on l'utilise comme adjuvant lors de la préparation de certains caoutchoucs de qualité secondaire. Les données nous manquent également pour nous prononcer sur les avantages et l'utilité d'un mélange de cette espèce.

Comme on le voit, la liste n'est pas longue des succédanés naturels de la gomme élastique. Il n'en est pas de même des produits appelés *factices*, c'est-à-dire des préparations dues à l'ingéniosité des inventeurs et des industriels ; ces produits sont plus ou moins semblables au caoutchouc par quelques-unes de leurs propriétés.

La généralité des factices a pour base les huiles siccatives, c'est-à-dire l'huile de lin ou l'huile de noix, etc, etc. (cette dernière est d'un prix de revient trop élevé et si nous la désignons c'est pour constater que l'on peut arriver aux mêmes résultats qu'avec l'huile de lin). Les recettes sont innombrables : chaque fabricant a son tour de main ; la manutention, l'expérience jouent un rôle considérable et on ne parviendra jamais de prime abord à faire une gomme factice irréprochable ; il faut de nombreux tâtonnements, des essais variés tant pour les mélanges que pour les degrés d'élévation de température à la cuisson. Nous n'avons pas la prétention d'énumérer toutes les recettes connues et proposées pour l'obtention des factices. Les connaîtrions-nous tous, un scrupule nous arrêterait : généralement les recettes publiées sont des procédés négligés par l'industrie, propres à guider le débutant dans la science des recherches pratiques, mais insuffisants pour l'application immédiate et fructueuse dans l'industrie.

Il nous suffira donc de nous arrêter sur la genèse des deux variétés de factices les plus généralement connues et les plus universellement employées :

1° le caoutchouc des huiles;
2. les huiles vulcanisées.

Caoutchouc des huiles.

Le chimiste Sacc, en étudiant en 1846 la saponification des huiles de lin par l'hydrate de sodium, avait été amené à s'occuper de la réaction de l'acide azotique sur cette huile.

Lorsqu'on expose à une douce chaleur 100 parties d'hu[illegible] et 200 parties d'acide nitrique étendu de 4 fois son v[illegible] ayant soin d'agiter continuellement, on voit [illegible] rouge brun : il y a abondant dégagem[illegible]

l'huile s'épaissit et au bout de 4 heures la masse a acquis une consistance sirupeuse très prononcée.

L. Zonas reprenant en 1848 les essais de Sacc, imagina de mettre le feu à l'huile de lin déjà visqueuse, puis après l'avoir laissée brûler partiellement, il reprit le résidu par l'acide nitrique étendu. Ce fut l'origine du caoutchouc des huiles.

En 1854, F. Sollier soit qu'il ignorât ou non ces expériences de laboratoire, entreprit des recherches dans le but de préparer avec l'huile de lin un produit susceptible de remplacer le caoutchouc au moins dans quelques-unes de ses applications essentielles. La maison Rattier, de son côté, se fit breveter pour un produit tirant ses origines des mêmes sources.

Sans vouloir relater ici tout ce qui est connu des études de Sollier et de Rattier, nous pouvons résumer comme suit les procédés de préparation du caoutchouc des huiles :

On chauffe pendant un certain temps l'huile de lin à une température suffisamment élevée jusqu'à ce qu'elle se soit convertie en une masse brune assez visqueuse. Pour convertir ainsi 10 kg d'huile de lin, il est indispensable de chauffer au moins durant 24 heures consécutives.

La masse visqueuse est ensuite traitée à chaud pendant quelques heures avec l'acide nitrique jusqu'à ce qu'elle ait pris une consistance épaisse, plastique et qu'au refroidissement à l'air elle se prenne en masse solide. On débarrasse le produit de l'acide en excès et on le pétrit pendant un certain temps dans un bain alcalin assez faible jusqu'à ce qu'elle ne montre plus trace de réaction acide.

Cette matière est soluble dans l'huile de térébenthine, le sulfure de carbone et les alcalis caustiques. Les acides la précipitent sans la modifier de la solution alcaline. Froide, elle présente l'aspect du caoutchouc naturel : elle est assez élastique, se ramollit dans l'eau chaude et, contrairement au caoutchouc, devient plastique comme la gutta-percha.

Dès son invention, le produit fut utilisé pour la fabrication des toiles, des simili-cuirs pour sellerie, carrosserie et articles de voyage, d'une souplesse et d'une propreté ne laissant rien à désirer. Son usage, quoique de moins en moins considérable depuis quelque temps, s'est néanmoins encore conservé et s'il ne sert que rarement seul, il sert encore quelquefois comme addition dans les articles de caoutchouc pur. Comme elle adhère parfaitement à tous les tissus sans les altérer ni trop les pénétrer, la fabrication des toiles imperméables y a souvent recours. Elle s'applique d'ailleurs sans aucune difficulté au bois, à la pierre et aux autres métaux, en y contractant une adhérence des plus remarquables.

Huiles vulcanisées.

Niklès et Rochleder observèrent les premiers l'action du chlorure de soufre sur les huiles grasses pour les transformer en une subs-

tance assez semblable au caoutchouc. Mêlé avec une huile végétale quelconque, le chlorure de soufre convertit immédiatement cette huile presqu'à la température ordinaire, en une matière solide possédant parfois une grande dureté.

Parkes, auquel l'industrie doit le procédé de vulcanisation du caoutchouc par le chlorure de soufre, imagina de vulcaniser également les huiles de lin et de navette par l'intervention du chlorure de soufre (Brevet du 22 octobre 1855).

En 1858, Roussin communiqua à l'Académie des sciences le résultat de ses études sur la réaction produite par le chlorure de soufre sur l'huile (29 novembre).

Si l'on prend environ 100 parties d'huile de lin et environ 25 parties de chlorure de soufre, on obtient le composé ayant le maximum de dureté. Au contraire, 100 parties d'huiles de lin et 15 à 20 parties de chlorure donnent un produit plus souple, et enfin 100 d'huile de lin et 5 de chlorure épaississent l'huile, il est vrai, mais sans la durcir. Cette dernière combinaison est soluble dans tous les dissolvants des huiles ordinaires, ce qui n'est pas le cas des autres combinaisons plus épaissies qui ne font que se gonfler dans ces véhicules.

Enfin, quand on étend une quantité quelconque d'huile de lin de 30 à 40 fois son poids de sulfure de carbone et si l'on remplace 1/4 du poids de l'huile de lin par une même quantité de chlorure de soufre, on obtient un produit qui reste liquide pendant quelques jours. Si alors on applique sur du verre, du bois, etc. cette dissolution, le sulfure de carbone s'évapore immédiatement et l'on a aussitôt un vernis.

Pour préparer les mélanges de chlorure de soufre et d'huile doués des propriétés dont il vient d'être question, il y a plusieurs précautions à prendre.

Il est d'abord nécessaire de choisir un chlorure contenant la plus forte proportion possible de soufre. Ce produit, qui est liquide, est versé rapidement dans l'huile et l'on agite le mélange pour obtenir une masse uniforme. Bientôt l'huile s'échauffe, la réaction se fait et l'huile durcit ou forme un composé mou, suivant les proportions de chlorure. Il est essentiel de n'opérer que par petites quantités à la fois et d'éviter l'élévation de température qui volatiliserait le chlorure, ferait naître des bulles et pourrait même noircir ou charbonner l'huile. L'emploi de bichlorure de soufre (bichlorure rouge) doit être expressément évité dans les préparations de ce genre : son action est trop énergique, trop rapide, l'huile soumise à son action se carboniserait très rapidement et la préparation serait brûlée irrémédiablement.

Quand les deux substances se sont intimement unies, on jette le produit sur une plaque de verre ou sur une autre surface plane et polie, on l'égalise, puis au bout de cinq à dix minutes environ, suivant que la température est plus ou moins élevée, la combinaison se trouve complètement opérée.

On a pour résultat final une pellicule qu'il est aisé de soulever ; il suffit pour cela d'en détacher l'un des coins avec la pointe d'un cou-

et d'exercer sur le reste, à l'aide de ce coin, une traction mo-
e. On peut d'ailleurs superposer plusieurs de ces couches, en
t soin, pour qu'elles se soudent bien, d'appliquer chacune
es sur la précédente, quand celle-ci s'est refroidie. Il faut aussi,
que la soudure soit parfaite, éviter l'humidité qui décompose
lorure et empêche l'adhérence.
n opérant comme il vient d'être dit, on obtient des plaques
es propres à confectionner nombre d'objets qui ne pouvaient
aire auparavant qu'en caoutchouc. Ces objets possèdent une
parence complète, pourvu que l'on ait eu soin après leur con-
on, de les tenir dans une étuve ou une chambre chaude assez
temps pour que les vapeurs dégagées par le chlorure aient pu
apper. Ils résistent aux influences atmosphériques et aux acides
ne aux alcalis faibles ; mais ils sont cassants et dégagent une
r particulière dont il est difficile de les débarrasser.
outes les huiles végétales peuvent servir à la préparation de ces
ces, mais ce sont les huiles de lin, de navette, d'arachide, de
que l'on emploie de préférence.
uiles vulcanisées par la fleur de soufre.— Les factices au chlorure
ufre comme nous venons de le voir, sont incolores et ne ressem-
en rien comme texture au caoutchouc commercial ; leur pré-
tion est d'ailleurs délicate et sujette à des non-réussites très fré-
tes dues principalement à l'action trop énergique des chlorures
es huiles en présence d'une température tant soit peu élevée.
st parvenu à vaincre cette difficulté par la vulcanisation directe
uiles de lin par la fleur de soufre, qui produit une matière
se rapprochant davantage de la couleur naturelle du caout-
c et qui, par son élaboration plus lente et plus graduée, permet
ter les innombrables accidents d'une réaction trop rapidement
rée. Ce factice, qui remplace actuellement dans la plupart des
huile vulcanisée au chlorure de soufre, se prépare de la ma-
suivante : l'huile de lin, préalablement chauffée à une tempé-
e de 100 degrés, est intimement mélangée de 5 à 10 °/₀ de fleur
ufre selon le but à atteindre, puis chauffée graduellement jus-
une température voisine de 130°. La matière brunit rapide-
, et lorsque le mélange est arrivé à la température voulue et
a acquis une consistance sirupeuse très prononcée, on l'aban-
e à lui-même sans cependant permettre à la température de
ndre au-dessous de 100°. On reconnaît que la vulcanisation
rivée à son terme à la coloration brun foncé, presque noire,
masse et à sa consistance de plus en plus accentuée. On opère
comme pour les factices au chlorure de soufre, c'est-à-dire
vide les récipients sur des surfaces unies et froides pour déta-
le produit après complet refroidissement.
s factices dont nous venons de parler s'emploient tantôt seuls
la préparation des toiles imperméables, des conduites
, etc., tantôt en combinaison avec du caoutchouc naturel sou-
our tous autres emplois industriels.
is, il est une autre matière qui entre également en quantités
dérables dans la classe des succédanés et des factices : nous

voulons parler des déchets de caoutchouc vulcanisé résultant du travail industriel des objets manufacturés ou provenant de rebuts de la consommation, et qui constituent le véritable chiffonnage des articles en caoutchouc. Les Américains, qui excellent dans l'utilisation de ce genre de factices, consomment des quantités énormes de ce chiffonnage et en produisent des articles industriels vraiment admirables. Nous avons donné, page 211 et suivantes, les procédés de réutilisation de ces déchets et ce serait nous répéter que d'y revenir. Nous y insistons cependant, ne fût-ce que pour appeler l'attention des industriels français sur cette fabrication qui ne laisse pas que d'être lucrative.

Nous ne parlerons que par mémoire de la *Dermatine*, succédané du caoutchouc, soi-disant découvert par Maxim. Zingler et préconisé tant en Angleterre qu'en Allemagne depuis 1885. Ce factice est un simple mélange mécanique aggloméré par la chaleur et une forte compression de déchets de caoutchouc souple de fibres textiles, de rognures de cuir et de carbonate de magnésie. Cette matière est identique à l'ivoire végétal d'Eugène Turpin présenté à la Société d'Encouragement en juillet 1877, et sur lequel un rapport de M. Cloez a paru dans le bulletin de cette société (année 1877, p. 589). Le produit peut intéresser certains usiniers, il ne peut nous arrêter au point de vue auquel nous nous sommes placés.

Malgré les avantages qu'offrent les factices au point de vue de la production des objets à bas prix, on doit regretter la faveur dont ils jouissent dans toutes les fabriques, car ils sont loin d'ajouter quelque chose à la valeur des mélanges dans lesquels on les fait entrer. Aussi n'est-il pas inutile de connaître une méthode d'analyse permettant d'analyser qualitativement et quantitativement un caoutchouc souple chargé de factices, ainsi que les factices eux-mêmes. Le docteur Rob. Henriquez, déjà cité, a publié à ce sujet une série d'études aussi nouves qu'intéressantes dans la *Chemiker Zeitung* (1892, 1893 et 1894) reproduites par le *Moniteur scientifique de Quesneville* (4me Série. VII, 7bre 1893; et VIII, août. 1894).

Nous ne croyons pas être désagréables à nos lecteurs en reproduisant intégralement ce travail quoiqu'il soit un peu long; il donne de nouveaux aperçus sur l'analyse du caoutchouc souple et nous familiarise ainsi avec l'étude et la connaissance approfondie des factices.

Annexe.

Contribution à l'analyse des caoutchoucs manufacturés (par Henriquèz) et *recherche des factices.*

« Parmi les problèmes analytiques les plus complexes que puisse être appelé à résoudre le chimiste industriel, on doit compter sans doute en première ligne l'analyse des caoutchoucs manufacturés. La détermination des substances minérales employées comme

charge présente déjà des difficultés presque insurmontables lorsqu'il s'agit, non seulement de connaître les proportions des divers oxydes employés, mais encore la forme sous laquelle ils ont été incorporés au caoutchouc.

« Ces difficultés augmentent encore lorsqu'on veut savoir la proportion du soufre de vulcanisation, car, il faut bien en convenir, aucune des méthodes publiées dans la littérature spéciale ne mérite créance. En ce qui touche enfin la séparation du caoutchouc d'avec les charges de nature organique et les factices, on ne trouve nulle part la moindre indication ; il semblerait que pas un chimiste n'a osé s'aventurer sur ce domaine. Rien d'étonnant d'ailleurs à cela ; il s'agit d'un ensemble de corps dont les propriétés sont très mal connues, qui se montrent indifférents presque au même degré à tous les réactifs, qui ne représentent pas des combinaisons chimiques homogènes, mais des mélanges complexes, comme le caoutchouc lui-même, de composés disparates.

« Ayant eu de nombreuses recherches à faire dans cette voie difficile, j'ai été amené à étudier une série de méthodes qui paraissent pouvoir écarter, en partie du moins, les difficultés analytiques signalées, et bien que ce travail soit loin de faire la lumière complète dans l'obscure chimie du caoutchouc, j'espère cependant qu'il pourra être utile à ceux de mes confrères qui auraient à s'occuper de semblables questions, et contribuera à augmenter et à améliorer la littérature afférente à cette industrie, qui n'offre encore que de rares et bien maigres documents.

« Le prélèvement des échantillons pour l'analyse présente déjà quelques difficultés. Le caoutchouc manufacturé n'est pas en réalité une substance homogène comme pourrait le faire croire son aspect extérieur ; les procédés de fabrication dont il est issu expliquent d'ailleurs à merveille son hétérogénéité. Le plus souvent la gomme réchauffée et devenue plastique, est malaxée avec le soufre et les autres substances ; la pâte mise en forme est soumise à l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Les amas de substance minérale qu'on observe souvent à la coupe sont une conséquence forcée de cette méthode incomplète de mélange.

« J'ai soumis à l'analyse une grande plaque de caoutchouc souple, contenant entre autres substances une proportion assez forte de silice. Quelque soin qu'on ait pris, l'analyse donnait les résultats les plus divergents, tantôt 10 °/₀ environ de SiO^2, tantôt 28 °/₀, une autre fois 1,4 °/₀ seulement. Ce n'est qu'après avoir prélevé dans toute la masse un échantillon moyen, en découpant des bandes suivant les axes et les diagonales de la plaque, divisant ensuite ces bandes en fragments menus et mélangeant bien le tout, qu'on a pu obtenir des analyses concordantes (1). Si déjà de pareils écarts s'observent pour des charges de substances pulvérulentes, encore bien plus se produisent-ils lorsque les matériaux

(1) Pour les durcis, j'emploie la même méthode en limant avec une râpe grossière également dans le sens des axes et des diagonales la pièce à analy-

sont grossiers : fragments de verre, rognures ou copeaux de métal, cas qui se présentent assez souvent. Alors il est pour ainsi dire impossible, à moins de soumettre la pièce entière à un travail de désagrégation préalable, d'obtenir un échantillon moyen satisfaisant. De tout cela nous conclurons : 1° que pour l'analyse des caoutchoucs manufacturés, il convient toujours de partir d'échantillons aussi copieux que possible et d'en préparer avec le plus grand soin l'échantillon moyen qui doit servir aux épreuves ; 2° qu'il faut se garder de conclure de l'analyse de petits échantillons de la marchandise à la composition moyenne de cette marchandise prise dans son ensemble.

« Comme base de toute analyse de caoutchouc, on recommande toujours la détermination des cendres. A mon avis, ce dosage n'apprend rien dans la majeure partie des cas ; tout au plus a-t-il sa raison d'être dans l'exámen préalable des sortes de caoutchoucs qui ne contiennent qu'un faible pourcentage de substances minérales (1). Mais, dans ce cas, rien ne prouve que la calcination n'a pas éliminé de l'acide carbonique ou des sels métalliques volatils, réduit des sulfates, sulfuré des oxydes, enfin brûlé du carbone libre. Plusieurs auteurs avant moi ont signalé les inconvénients du dosage des cendres ; mais les uns ont cru pouvoir y parer par une calcination très ménagée ; d'autres par l'addition de nitrate ou de carbonate d'ammoniaque, procédés qui peuvent avoir eu de l'intérêt dans des cas particuliers, mais qui ne se prêtent pas plus que le dosage brutal des cendres, à une application générale. Après, comme avant, on a continué à donner pour les cendres un seul chiffre, dont la portée, nous le répétons, est le plus souvent nulle. Pour l'analyse quantitative des substances minérales, le dosage préalable des cendres n'offre pas d'intérêt ; pour l'analyse qualitative même, je n'en fais usage qu'avec hésitation, car il est difficile à réaliser dans un creuset en porcelaine (foisonnement de la substance), et la présence de certains corps, comme la litharge par exemple, ne permet pas toujours de l'effectuer sans danger au creuset de platine.

« J'effectue toujours le dosage des matières en même temps que celui du soufre dont je vais parler d'abord.

« On conseille en général, pour doser le soufre total, de brûler le caoutchouc avec de la soude et du salpêtre additionné ou non de nitrate d'ammonium ou de magnésium. De quelque façon que j'aie appliqué cette méthode, je n'en ai jamais obtenu de résultats concordants. S'il y a insuffisance de nitrates, le caoutchouc brûle en partie, avec une flamme éclairante, et une proportion non négligeable de soufre se dissipe avec les produits de la calcination. Si, au contraire, on force la dose de nitrate, la combustion s'accompagne d'une série de petites explosions, et il est difficile d'éviter des pertes

(1) Cette observation ne s'applique pas, bien entendu, à l'analyse des caoutchoucs bruts et des caoutchoucs dits *para pure*, qui ne contiennent, en dehors de très peu de cendres, que du sable, de l'alumine, de l'oxyde de fer et éventuellement une petite proportion de chaux. Ici la détermination des cendres est tout indiquée.

par projection. Alors même qu'on introduit le caoutchouc dans le mélange oxydant fondu, en fragments très menus, on ne peut éviter des déflagrations et des pertes.

« J'ai obtenu, au contraire, de très bons résultats en oxydant le caoutchouc par l'acide nitrique et achevant la combustion par une fusion avec du nitrate. L'oxydation par l'acide nitrique poussée jusqu'au point où une addition d'eau ne produit plus de précipité ne suffit pas, car avec le sulfate de baryte se séparent des sels insolubles d'acides organiques et le sulfate calciné offre une réaction alcaline. C'est pour détruire ces acides organiques qu'il faut parachever l'oxydation nitrique par une fusion ignée oxydante. Voici comment j'opère :

« Je dispose sur une capsule de porcelaine creuse un entonnoir de verre renversé dont la douille est coupée près de son origine ; je verse dans cette capsule 20 centimètres cubes d'acide nitrique fumant pur (avec les sortes peu chargées de substances minérales, l'acide ordinaire à 60° suffit) et, dans l'acide maintenu chaud, j'introduis par l'orifice de l'entonnoir 3 à 4 grammes de substance découpée en morceaux très fins, en attendant, avant chaque nouvelle addition, que la réaction vive qui se déclare soit calmée. Lorsque la réaction est particulièrement tumultueuse, il est bon de prendre la précaution d'obturer l'ouverture supérieure de l'entonnoir au moyen d'un second entonnoir plus petit dont la douille coupée en sifflet ne doit pas plonger dans le liquide.

« La première décomposition achevée, j'évapore doucement au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse, j'ajoute à nouveau 10 à 20 centimètres cubes d'acide nitrique et je réduis au même degré. A la liqueur très concentrée j'ajoute 4 grammes d'un mélange de 3 parties de salpètre potassique et 4 parties de soude calcinée ; on sèche et on calcine avec précaution jusqu'à fusion tranquille. La masse ne doit pas être trop alcaline pour ne pas attaquer l'émail de la capsule et solubiliser des quantités non négligeables de silice, d'alumine et de chaux qui troubleraient les résultats de l'analyse. Avec les caoutchoucs chargés avec des graphites, il faut une fusion prolongée pour brûler tout le carbone.

« On reprend par l'acide chlorhydrique dilué, on évapore à siccité pour insolubiliser la silice et on reprend par l'acide nitrique.

« Si tout se dissout, on étend à un volume connu, on dose le soufre dans une partie aliquote et on emploie le reste à la détermination des substances minérales.

« S'il reste un résidu, celui-ci ne peut être composé que de silice, de sulfate de baryte et de sulfate de plomb. On le met en digestion dans une solution fraîche d'acétate d'ammonium (obtenue en sursaturant de l'ammoniaque par l'acide acétique à 40 %). Le sulfate de plomb se dissout vite et complètement. On recueille la partie insoluble qui reste sur le même filtre où l'on a passé auparavant la dissolution nitrique à laquelle on réunit la nouvelle liqueur. S'il se produit un trouble, cas fréquent, on le fait disparaître avec 25 à 30 centimètres cubes d'acide nitrique. On étend à volume connu et on dose le soufre et les oxydes comme ci-dessus.

« Comme corps insolubles, il ne reste donc que de la silice et du sulfate de baryte, qu'on sépare suivant les méthodes connues.

« Si l'on a constaté la présence de sulfate de baryte dans le résidu insoluble, il peut se trouver dans la liqueur de l'acide sulfurique ou de la baryte, suivant que le soufre ou la baryte dominaient dans le caoutchouc.

« Cette méthode m'a toujours donné, pour le soufre total et pour les oxydes métalliques, des résultats exacts.

« Lorsqu'un caoutchouc ne laisse que peu ou point de cendres à l'incinération préalable et qu'on n'a à y doser que le soufre, il suffit d'opérer sur un quart à un demi gramme de substance. Au reste, on peut aussi effectuer les dosages avec la méthode de Carius ; mais en raison du temps nécessité pour sceller les tubes et des risques d'explosion, assez fréquents lorsqu'on opère sur plus de 0,gr 2 à 0,gr 3 de matière : je préfère beaucoup opérer d'après la méthode indiquée.

« Pour connaître la quantité de soufre employée à la vulcanisation — j'entends par là aussi bien le soufre qui sert à la vulcanisation que l'excès de ce métalloïde resté dans le caoutchouc à l'état de mélange — il faut déduire du soufre total celui qui peut se trouver sous forme de sulfate ou de sulfure. De toutes les méthodes proposées à cet effet, une seule mérite créance : la dissolution du caoutchouc et du soufre libre par l'essence de térébenthine. Cette méthode conduit à des résultats exacts ; mais elle est fort incommode et longue. On doit faire digérer pendant 6 à 8 jours le caoutchouc avec de l'essence de térébenthine à 60°-70° ; encore ce laps de temps ne suffit-il pas toujours. Il est vrai qu'on arrive plus vite au but en chauffant l'essence de térébenthine jusqu'à l'ébullition ; dans ce cas l'échantillon est dissous en un ou deux jours ; mais, à cette température, le soufre agit sur l'essence et l'acide sulfhydrique qui se forme peut agir sur les oxydes métalliques présents et les métamorphoser en sulfures ; d'où résultats faussés. A cela ne se bornent pas les inconvénients de cette méthode ; d'une part, elle est peu économique, à cause des grandes quantités d'essence qu'il faut employer, et, d'autre part, la filtration de la dissolution est toujours difficile, quelquefois impossible ; il m'est arrivé, dans l'analyse d'un caoutchouc très chargé en oxyde de zinc de ne pouvoir par aucun tour de main obtenir une solution limpide ; dans tous les cas, l'opération est si longue que l'essence se résinifie en partie sur les bords du filtre et qu'il devient très pénible de s'en débarrasser ensuite au moyen de solvants plus légers, benzine, sulfure de carbone ou autres analogues.

« Pour tous ces motifs, j'ai cherché un substitut à l'essence de térébenthine et j'ai trouvé dans le pétrole ordinaire bien rectifié un agent très commode. Chauffé au-dessus du point de fusion du soufre, le pétrole dissout aisément le caoutchouc vulcanisé. La dissolution est complète en 1 ou 2 jours. On observera : 1° que le pétrole du commerce contient souvent un peu de soufre dont on le débarrasse en l'agitant à plusieurs reprises avec de la soude caustique, séchant et rectifiant ; on recueille les portions passant de

140° à 150° ; 2° il est à redouter, si la température s'élève au delà de certaines limites, que le pétrole soit attaqué par le soufre du caoutchouc et qu'il se forme de l'hydrogène sulfuré ; mais j'ai reconnu que l'action du soufre sur le pétrole est négligeable jusque vers 150° C. Il suffit donc, pour écarter cette cause d'erreur, d'opérer au-dessous de cette limite.

« Dans un matras taré, d'un quart de litre, on pèse 5 grammes — pour les qualités peu chargées, 10 à 15 grammes — de l'échantillon, on ajoute 150 centimètres cubes environ de pétrole épuré et on chauffe au bain d'huile à 140 — 150°, jusqu'à ce que le caoutchouc soit désagrégé et dissous, et que les parties insolubles se soient déposées à l'état pulvérulent. Comme contrôle, on peut installer à côté du matras un second matras témoin, contenant du pétrole et du soufre, dont le tube de dégagement plonge dans un petit flacon laveur à acétate de plomb. Si la solution de plomb ne noircit pas, on peut être assuré que la température n'a pas dépassé la limite convenable.

« La dissolution effectuée, on laisse reposer dans un endroit tiède et l'on décante la liqueur sur un filtre taré, on lave une ou deux fois par décantation et on jette finalement le résidu sur le filtre, on lave encore le matras et l'on filtre avec du pétrole chaud, sans détacher les particules insolubles adhérentes au verre ; on achève le lavage à l'essence de pétrole, on sèche le matras, et l'on filtre à 110°.

« Le dosage du soufre, dans la partie insoluble, fait connaître la quantité de ce métalloïde, et l'analyse qualitative et quantitative révèlent la forme sous laquelle il y est contenu.

« La différence entre le soufre total et celui trouvé dans le résidu donne le soufre ajouté, c'est-à-dire la somme du *soufre employé à la vulcanisation* et du *soufre libre*. Il faut cependant relever une erreur possible : la présence de corps oxydants, comme la litharge, de terres alcalines ou de carbonate, peut avoir insolubilisé une partie du soufre ajouté, en le transformant en sulfates ou en sulfures. C'est ainsi que j'ai trouvé, dans un caoutchouc, à côté de beaucoup de craie et d'oxyde de plomb, une petite quantité de gypse ; il est peu probable que ce sel ait été mélangé en nature à la gomme, et je crois plutôt qu'il a pris naissance pendant la vulcanisation même. C'est là un point que l'analyse chimique seule ne peut pas élucider.

« Le résidu insoluble peut, comme nous l'avons dit, servir à l'analyse quantitative des oxydes métalliques ; mais il se prête surtout à une sorte d'analyse immédiate faisant connaître sous quelle forme précise ces oxydes ont été employés. On pourra donc, dans la grande majorité des cas, non seulement connaître la composition globale d'un caoutchouc, mais encore indiquer la nature et les proportions, et même le degré de finesse des sels employés à la fabrication de ce caoutchouc.

« Pour déterminer la proportion de substance organique que le pétrole n'a pas dissoute, on suit une marche différente, suivant les cas. Si l'on a déterminé tous les métaux et que ceux-ci donnent

tous des sulfates stables à la calcination, la voie la plus simple consiste à calciner une partie aliquote du résidu avec de l'acide sulfurique. On calcule, d'après le poids des sulfates et celui des sels qui lui ont donné naissance, la proportion de substance organique brûlée. Celle-ci peut d'ailleurs se déduire par différence entre le poids du résidu total et le poids total des sels qui le composent. Si ces derniers sont solubles dans un acide, on a encore là un moyen commode de séparer la matière organique insoluble ; c'est à cette méthode qu'on aura recours, par exemple, pour séparer les sels métalliques d'avec le graphite, qui se rencontre assez souvent dans les qualités ordinaires (tapis de portes, d'escaliers, etc).

« D'ailleurs, il est rare que les caoutchoucs souples laissent un résidu insoluble dans le pétrole. Ceux qui contiennent des factices se dissolvent quelquefois avec peine, mais on verra plus loin qu'on peut enlever d'abord les factices, de sorte que le reste du caoutchouc se dissout sans difficulté.

« Dans ce véhicule se dissolvent également les autres adjuvants organiques, les huiles grasses, la paraffine, l'asphalte. Quant aux substances organiques insolubles, comme la poudre de liège, la sciure de bois, elles n'ont plus qu'une existence toute virtuelle dans les traités techniques qui traitent du caoutchouc et de ses applications. Je ne les ai jamais rencontrées dans les échantillons de toutes provenances dont j'ai fait l'analyse.

« Il est cependant un groupe important de caoutchoucs manufacturés qui ne se dissolvent pas dans le pétrole. Ce sont les durcis qui, comme on le sait, offrent la plus grande résistance à tous les agents chimiques. Nous en reparlerons plus loin.

« La suite de mes recherches m'a conduit à des essais de séparation du caoutchouc d'avec les charges de nature organique. On ne trouve à ce sujet, dans la littérature chimique, que des indications éparses et peu concluantes, bien que l'emploi des substituts du caoutchouc, des factices et des charges organiques soit des plus répandus. Il n'y a, pour ainsi dire, pas une classe de produits organiques naturels qui n'ait été essayée à ce point de vue ; mais plus on étudiait les propriétés et les conditions de durée des caoutchoucs ainsi chargés, plus on renonçait à leur fabrication. Aujourd'hui, il semble qu'une seule classe de composés organiques joue dans l'industrie du caoutchouc un rôle important ; ce sont les produits vendus sous le nom de caoutchouc des huiles, caoutchouc artificiel ou factice, que l'on obtient en cuisant les huiles avec du soufre ou en les traitant par le chlorure de soufre. On rencontre aussi quelques factices non soufrés, préparés par oxydation des huiles siccatives. C'est cette catégorie de composés qu'il m'a paru intéressant d'étudier.

« Les factices se présentent, en général, sous la forme de masses jaunes ou brunes, élastiques, mais sans cohésion, s'écrasant sous la pression, au toucher gras et humide. On a trouvé dans deux de ces produits :

	Sorte n° 1	Sorte n° 2
Eau	1,00	0,85
Soufre	6,17	6,4
Cendre	5,51	0,8

« La cendre était composée de chaux et d'alumine avec des traces d'oxyde de fer et de silice.

« Les factices se comportent, à l'égard des dissolvants, à peu près comme le caoutchouc lui-même ; insolubles dans l'alcool, ils ne se dissolvent qu'avec difficulté et incomplètement dans la benzine, le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine, etc.

« On a proposé pour reconnaître dans le caoutchouc manufacturé la présence d'huiles ou de graisses, une méthode qui, en effet, donne, entre des mains habiles, des résultats utilisables. On fait digérer l'échantillon dans du sulfure de carbone additionné de 5 °/₀ d'essence de térébenthine, on filtre après quelques heures, et on distille. Un résidu notable indique la présence de corps étrangers de la nature des graisses. La méthode a divers inconvénients : d'abord, le caoutchouc vulcanisé est peu soluble dans le mélange sulfure de carbone et alcool ; l'essai n'est concluant que si les corps gras existent en quantité très notable ; enfin, le soufre libre se dissout également et peut induire en erreur. Malgré cela, au point de vue qualitatif, la méthode, appliquée avec discernement, peut donner des indications intéressantes. Pour une séparation quantitative, on ne peut y recourir, car les factices ne se dissolvent qu'en partie, même isolés et par des digestions répétées dans le sulfure de carbone alcoolisé. Les sortes que j'ai examinées abandonnaient, en se dissolvant, de 20 à 30 °/₀ de leur poids et, à chaque traitement ultérieur, perdaient encore 1 à 2 °/₀, de telle sorte qu'on ne peut pas interpréter le fait en admettant que le factice est insoluble et que c'est la proportion d'huile ou de graisse non transformée qui, seule, se dissout.

« Les factices se dissolvent entièrement dans le pétrole, à température élevée, comme le fait le caoutchouc vulcanisé lui-même. La ligroïne ne les dissout qu'en partie. La soude aqueuse les dissout avec difficulté toujours et incomplètement. Je parlerai plus loin de l'action de la soude alcoolique.

« La méthode d'addition d'iode de Hubl semblait propre à donner des indications dans l'espèce, car le caoutchouc absorbe à peine l'iode, alors que les huiles sulfurées, vraisemblablement, devaient fixer de l'iode comme les huiles oxydées, qui gardent à peu près, comme l'on sait, leur indice d'iode primitif. L'essai préalable conduirait à ce résultat inattendu : les huiles sulfurées n'absorbent presque pas d'iode et se comportent comme des combinaisons quasi-saturées.

« J'ai cherché alors à enlever aux factices leur soufre, à isoler et à peser les acides gras régénérés. Dans ce but, j'ai traité les factices par la soude alcoolique additionnée de différents sels métalliques qui devaient fixer le soufre : sels de plomb, de mercure, de cuivre et de zinc ; mais, de quelque façon que j'aie opéré, les acides gras isolés de la lessive alcoolique, de poids très variables, contenaient toujours des quantités également variables de soufre. J'ai essayé, sans plus de succès, de saponifier et de désulfurer en vase clos, à température élevée, en remplaçant l'alcool éthylique par l'alcool amylique.

« Toutefois, ces essais ont appris que les factices se dissolvent sans peine et en totalité dans la soude alcoolique et, sur cette propriété, on peut fonder une méthode de séparation au moins approchée. D'une façon générale, disons-le ici, on ne peut prétendre, dans ce domaine, à des séparations nettes comme celles qu'on réalise, par exemple, dans l'analyse inorganique : les résultats ne peuvent être qu'approchés, et cela se conçoit : nous avons affaire, non à des combinaisons simples, mais au contraire à des mélanges très complexes, comme le caoutchouc lui-même, qui paraît contenir des substances se rattachant à diverses classes de corps.

« L'essai suivant montre que les factices, ou tout au moins leurs constituants organiques, sont entièrement solubles dans la soude alcoolique.

« On a fait bouillir, au réfrigérant à reflux, 1 gramme de factice avec un excès de soude caustique (7 à 8 °/° de Na^2O). Après quelques heures, on a chassé l'alcool, étendu d'eau et passé sur un filtre taré.

Poids du résidu sec.	0gr,041 = 4,1 pour 100
Poids du résidu calciné	0, 0413.

« Le résidu ne contenait donc plus trace de substance organique. Un autre factice, qui ne laissait pas de cendres à l'incinération, s'est dissous sans résidu.

« D'un autre côté, on a soumis au même traitement du caoutchouc *Para* vulcanisé (échantillon A) (1). Cet échantillon donnait à l'analyse.

Cendres	2,54 pour 100
Soufre	7,12 —

« On a obtenu par l'extraction à la soude caustique :

Poids du résidu sec	94,9 pour 100
Dans lequel on a : soufre	2,75 —

« Par différence, nous avons donc en dissolution :

Substance totale	5,1 pour 100
Moins soufre (7,12 — 2,75).	4,37 —
Substance organique dissoute.	0,73 pour 100

« En fait, le résultat n'est pas aussi net que semblent l'indiquer les chiffres ci-dessus. En incinérant le résidu insoluble de l'extraction, on a trouvé 8,4 °/o de cendres, soit 7,7 °/o par rapport au caoutchouc mis en expérience. Comme ce dernier ne contenait que

(1) Sous le nom de caoutchouc Para, j'entends du caoutchouc ne contenant que le soufre ajouté pour la vulcanisation et non une gomme de provenance déterminée.

2,54 °/₀ de cendres, nous avons, après extraction, un excès de 5,16 °/₀ de substances fixes.

« Les cendres du caoutchouc traité à la soude alcoolique sont en grande partie solubles dans l'eau ; elles ont une forte réaction alcaline et contiennent des sulfates. Il semble donc qu'à la suite du traitement à la soude alcoolique, le caoutchouc ait fixé une certaine quantité d'alcali que les lavages n'ont pu lui enlever. Le même phénomène a été observé dans tous les essais ultérieurs et avec toutes les sortes de caoutchouc. On ne réussit pas à enlever l'alcali d'un caoutchouc traité par la soude alcoolique en le faisant bouillir avec de l'acide acétique dilué, ni même avec de l'acide chlorhydrique. Une extraction par un acide aurait d'ailleurs compliqué l'analyse au point de vue des matières minérales ; j'y ai renoncé. J'attribue les faits observés à la formation d'un sel de sodium insoluble, aux dépens de l'un des constituants du caoutchouc.

« Il ne faudrait pas conclure de ce que le résidu insoluble dans la soude alcoolique a été trouvé contenir 5,16 °/₀ de substance minérale qui ne préexistait pas dans le caoutchouc, que celui-ci ait perdu une égale quantité de sa substance. D'abord, les cendres contiennent du soufre dont le poids vient en déduction ; puis ce soufre s'y présente sous forme d'acide sulfurique, — l'incinération a été faite dans ce cas, comme dans tous les autres dont nous aurons à parler, en présence de nitrate d'ammoniaque. Pour chaque partie de soufre du résidu, il faut donc déduire 2 parties 1/2 de SO^3.

« Si donc on veut connaître la quantité de substance extraite d'un caoutchouc par la soude caustique, il faut effectuer :

1° Le dosage des cendres ;

2° Le dosage du soufre dans le caoutchouc initial ;

3° Peser le résidu de l'extraction ;

4° Y doser le soufre ;

5° L'incinérer et peser les cendres.

« De plus, pour être à peu près assuré des résultats, il convient de faire chaque essai en double, de petites erreurs pouvant influencer sérieusement le résultat final. Les analyses de ce genre ne sont donc ni simples ni d'exécution facile. Pour savoir si cette méthode fournit des résultats méritant créance et donne des chiffres constants, j'ai analysé à plusieurs reprises une autre sorte de caoutchouc para (échantillon B). J'ai trouvé (1) :

	I	II	III	IV	V
1. Cendre	2,80 pour 100.	»	»	»	»
2. Soufre	9,50 —	»	»	»	»
3. *Résidu de l'extraction*		95,40	95,00	95,55	95,55
4. *Cendres de ce résidu*		8,49	9,02	9,21	9,17
5. *Soufre du même* n° 3		4,50	4,50	4,35	»
6. *Soufre dissous*		5,00	5,00	5,15	»
7. *Soufre dans les cendres* n° 4		»	1.14	1,24	1,08
8. *Quantité correspondante en* SO^3		»	2,85	3.10	2,70
9. Na^2O *dans les cendres* (= 4. — 1. — 8)		»	3,37	3,31	3,67
10. *Résidu réel organique de l'extraction* = (3. — 9)		»	91,63	92,24	91,80
11. *D'où : entré en dissolution* { *soufre*		5,00	5,00	5,15	»
substance organique		»	3,37	2,61	3,12

(1) Tous les résultats sont rapportés à 100 parties du caoutchouc.

« On le voit, la concordance entre les diverses analyses est des plus satisfaisantes. Les chiffres de V ont été obtenus en soumettant une seconde fois à l'action de la soude alcoolique le résidu de l'extraction IV. Il n'y a donc pas eu de substance dissoute à la seconde extraction.

« L'analyse a été faite suivant les indications précédemment données : 3 à 5 grammes de substance, découpée en petits fragments, ont été bouillis au réfrigérant à reflux pendant une huitaine d'heures avec dix fois leur poids environ de soude alcoolique à 6-8 °/₀ de Na^2O. On a étendu d'eau, chassé l'alcool au bain-marie, recueilli sur filtre taré et soigneusement lavé. Pour la pesée, on a séché à 100° jusqu'à poids constant. Les cendres du résidu doivent être déterminées sur 1 gramme au moins, à cause du dosage du soufre ultérieur. L'incinération a toujours été faite avec addition de nitrate d'ammoniaque, afin de transformer à coup sûr tout le soufre en acide sulfurique.

« Nous pouvons conclure qu'un caoutchouc vulcanisé composé de :

Cendres	2,8 pour 100
Soufre	9,5 —
Gomme	87,7 —
	100,0 pour 100

cède en moyenne à la soude alcoolique :

Soufre	5,05 pour 100
Gomme	3,03 —

« Peut-on conclure de là que le soufre dissous existait à l'état libre dans le caoutchouc, et que celui qui est resté dans la partie insoluble est le soufre de vulcanisation chimiquement combiné ? Mes essais ne permettent pas encore de répondre d'une manière précise à cette question. Cette hypothèse ne peut être renversée par le fait que divers caoutchoucs *para* (ne contenant que gomme et soufre) laissent à l'extraction des quantités variables de soufre insoluble ; en effet, suivant la température de la vulcanisation, suivant l'ensemble des conditions de fabrication, la quantité de soufre combiné peut être très variable. Les échantillons A et B, dont nous avons donné plus haut l'analyse, ont laissé :

A pour 90,34 pour 100 de gomme.	2,75 pour 100 de soufre insoluble.
B pour 87,7 —	4,45 —

« Quant à la substance organique dissoute, dont la proportion varie suivant les échantillons de 2 à 4 °/₀, elle peut être de nature très diverse. Il paraît très probable pourtant qu'elle est formée par les

ses végétales que toutes les gommes contiennent en petite tité. Une autre hypothèse pouvait se présenter à l'esprit : r, que le caoutchouc cru céderait peut-être une partie de sa ance à la soude alcoolique et que la fraction dissoute des ntillons vulcanisés, proviendrait des portions de gomme échap- à la vulcanisation. L'expérience suivante montre que cette hy- se n'est pas fondée : j'ai obtenu, en effet, en traitant de la e manière 100 parties de caoutchouc *purifié et sec* non vulca- :

1. Cendres	0,32 (1)	4. Cendres du résidu II	1,89
2. Humidité	0,35	5. Na^2O dans les cendres IV	1,57
3. Résidu de l'extraction	98,04	6. D'où partie dissoute	3,53

La soude alcoolique dissout à peu près le même poids de subs- organique dans le caoutchouc cru que dans le caoutchouc nisé.

Avec le caoutchouc durci, on obtient des résultats analogues. rouvé :

	Durci A.	Durci B.
1. Cendres	0,01	0,05
2. Soufre	31,20	40,12
3. Résidu de l'extraction	92,14	90,94
4. Cendres du résidu III	3,87	6,99
5. Soufre du résidu III	22,60	29,43
6. Soufre dissous	8,60	10,69
7. Soufre des cendres IV	0,49	1,51
8. = SO^3	1,22	3,78
9. Na^2O des cendres IV	1,57	3,21
10. Véritable résidu de l'extraction	90,57	87,73
11. Partie dissoute — Soufre	8,60	10,69
11. Partie dissoute — Substance organique	0,83	1,58

La partie soluble dans la soude alcoolique est plus difficile à aire avec les durcis qu'avec les caoutchoucs souples. Ainsi iantillon B, extrait une première fois pendant 6 heures, a cédé, ne seconde extraction de même durée, 0,8 % de soufre et de substance organique.

Les analyses ci-dessous montrent comment la méthode s'ap- ue à l'analyse des caoutchoucs chargés avec des factices. Le lu insoluble de l'extraction a été traité par le pétrole chaud, où est dissous en totalité ; il présentait d'ailleurs tous les carac- s du caoutchouc pur ; comme l'ensemble des essais précédents nettait de le prévoir, la séparation du caoutchouc d'avec le fac- est complète.

(1) Tous les chiffres rapportés à 100 parties de caoutchouc initial.

Caoutchoucs additionnés de factices

		Qualité A	Qualité B
1. Cendres		1,90	3,00
2. Soufre		5,10	4,26
3. Résidu de l'extraction		45,80	88,97
4. Cendres du résidu III		5,31	5,87
5. Soufre du résidu III		0,66	2,38
6. Soufre dissous		4,44	1,88
7. Soufre des cendres IV		0,29	0,50
8. Soufre en SO^3		0,72	1,15
9. Na^2O dans les cendres IV		3,12	1,62
10. Véritable résidu de l'extraction		42,68	87,35
Il a donc été dissous	Soufre	4,44	1,88
	Substance organique	52,88	10,77
Il est resté insoluble	Soufre	0,66	2,38
	Substance organique	40,12	81,97
	Cendres	1,90	3,00

Nous pouvons conclure de ces analyses à la composition suivante :

	Qualité A	Qualité B
Caoutchouc	41,32	84,43
Factice	51,68	8,31
Soufre	5,10	4,26
Cendre	1,90	3,00
	100,00	100,00

« Quelle est la partie du soufre total qui provient du factice? Quelle proportion a été ajoutée pour la vulcanisation? Cela, la méthode ne saurait nous le dire.

« Dans ce qui précède, on a vu que, d'une part, les caoutchoucs factices se dissolvent dans la soude alcoolique, tandis que la gomme naturelle ne cède à ce dissolvant qu'une minime fraction de sa substance. A cela il convient d'ajouter cette restriction, autant du moins que le prouvent les échantillons que j'ai pu me procurer. En effet, les sortes de caoutchoucs naturels sont si variées et le nombre des factices si grand qu'il serait téméraire de tirer des conclusions générales d'analyses portant sur quelques échantillons. Je suis le premier aussi à reconnaître que mes conclusions eussent gagné en précision si elles avaient pu être contrôlées par l'analyse de mélanges dont les fabricants m'auraient fait connaître la composition. Je n'ai pas épargné mes soins pour arriver à ce contrôle; malheureusement, il règne à un haut degré, dans le camp des fabricants de caoutchouc, la méfiance et la cachotterie que le chimiste rencontre encore dans les branches d'industrie où la science n'a jusqu'ici trouvé que peu ou point d'occasions de voir mettre ses services à l'épreuve. J'écris cette observation surtout dans l'espoir que j'arriverai, par l'entremise d'un lecteur de ce travail, à obtenir

ntillons de caoutchouc manufacturé de composition connue.
aussi cette publication conduira-t-elle un confrère à en-
re de son côté des recherches du même genre qui pour-
ontribuer aux progrès d'une industrie confinée jusqu'ici
voie de l'empirisme.

ni les substituts le plus fréquemment employés dans l'in-
lu caoutchouc, on doit ranger en première ligne les com-
endus sous les dénominations les plus diverses, qui ré-
e l'action du soufre ou du chlorure de soufre sur les huiles
produits que nous rangerons tous sous le nom générique
es.

listingue dans le commerce deux sortes principales de fac-
s blancs et les bruns et, de fait, ces sortes sont entièrement
es au point de vue chimique. J'ai déjà donné, dans un mé-
récédent une analyse de deux sortes de factices blancs,
aux teneurs en eau, humidité et cendres fixes. Ce sont les
roduits dont nous allons faire un examen plus approfondi.
ıx se présentent sous la forme de masses légèrement jau-
grumeleuses, élastiques, à réaction neutre et à odeur oléa-
peu pénétrante. L'eau n'en extrait rien ; les acides et les
eu de chose, de même la plupart des solvants organiques

qui caractérise ces produits, c'est leur forte teneur en
presque aussi élevée que leur teneur en soufre. D'après les
es des produits à l'égard des solvants, le chlore doit y être
en combinaison organique. Si donc, comme tout le fait
et comme le montrent les essais qu'on lira plus loin, les
examinés résultent de l'action du chlorure de soufre sur les
cet agent est entré tout entier, chlore et soufre, dans la
du corps gras. Pour faciliter l'exposition des résultats, je
dès maintenant l'ensemble des données analytiques sur
s s'appuient les développements et les conclusions de mon

I. — *Analyses de factices du commerce.*

	Factices blancs			Factices bruts	
	A	B	C	A	B
ans le factice	6,4	6,17	8,25	15,48	17,71
ans le factice	5,0	5,86	8,88	0,7	0,36
le factice	0,85	1,0	»	»	»
ans le factice	0,8	5,51	»	»	»
n acides gras	90,45	73,58	»	»	»
ns les acides gras	6,12	6,45	8,15	14,14	15,20
ns les acides gras	0,83	0,43	»	»	»
iode du factice	30,9	31,0	32,6	42,0	42,0
ode des acides gras	91,3	91,2	102,3	129,0	125,6

II. — *Analyses de factices préparés avec :*

A. Huile de lin fraîche. — B. Huile de lin oxydée. — C. Huile de navette fraîche. — D. Huile de navette oxydée. — E. Huile d'œillette oxydée. — F. Mélange d'huiles de lin et de navette oxydées. — G. Huile de ricin avec dose minima de chlorure de soufre. — H. Huile de ricin avec dose maxima de chlorure de soufre. — I. Huile dite « de ricin soluble » (huile de coton oxydée).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Soufre dans le factice. .	9,34	4,78	8,28	6.59	7,68	»	4,82	10,6	6,23
Chlore dans le factice . .	8,84	4,85	7,62	5,95	7,44	»	0,70	8,95	5,36
Eau dans le factice . . .	3,02	0,85	»	»	»	»	»	»	»
Cendres dans le factice .	0,0	0,0	0,0	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Teneur en acides gras. .	79.6	81,67	86,89	87,95	74,90	»	85,35	»	»
Soufre dans ces acides. .	9,88	4,08	8,34	6,54	8,32	»	5,32	»	6,44
Chlore dans ces acides .	Traces	0,60	Peu	Peu	»	»	0,20	Traces	Traces
Indice d'iode du factice .	56,3	52,6	32,5	26,9	33,6	42,8	35,2	21,9	30,3
Indice d'iode des acides .	160,3	141,2 (1)	101,5	102,8	133,3	129,2	136,2 (2)	143,5	91,5
Indice d'acétylation . . .	21,0	19,6	31,0	»	»	»	»	105,6	51,3

(1) Une autre détermination a donné : indice d'iode des acides = 121,0.
(2) Deux autres déterminations ont donné : 147,4 et 152,1.

« La détermination du soufre des factices nécessite les mêmes précautions que celle du caoutchouc. L'oxydation par l'acide nitrique, suivie d'une fusion alcaline oxydante, conduit seule à des résultats bien concordants. Pour le dosage du chlore, on a ajouté du nitrate d'argent à l'acide nitrique, de manière à éviter toute perte par volatilisation d'acide chlorhydrique. Après fusion alcaline, on reprend par l'eau, on sépare les combinaisons d'argent insolubles (en général argent métallique) et l'on dose sur une partie de la liqueur le soufre à l'état de sulfate de baryte, le chlore par titrage au moyen de solutions de nitrate d'argent et de sulfocyanate.

« Comme je l'ai déjà mentionné dans un précédent travail, les huiles solidifiées par le chlorure de soufre n'absorbent que des quantités insignifiantes d'iode. L'échantillon A, tableau I, par exemple, a donné comme indice d'iode, d'après Hubl, le chiffre 7.2. Toutefois cette valeur n'est qu'apparente. La faible absorption d'iode est due en partie à ce que le produit est à peu près insoluble dans le chloroforme. En agitant souvent le factice très divisé en suspension dans ce liquide avec un excès de liqueur iodée, et laissant en contact pendant 12 heures, j'ai obtenu pour les sortes A et B (tableau I) les indices 30,9 et 31. Comparés aux indices des huiles siccatives employées à produire ces factices, ces chiffres sont encore très faibles.

Il semble donc établi que le chlorure de soufre sature en partie les valences libres des huiles autant par son chlore que par le soufre, peut-être par le chlore uniquement.

« Il est à noter que les factices, traités par l'iode en solution chloroformique, retiennent très fortement le métalloïde et qu'il faut insister beaucoup au titrage de retour sur l'action de l'hyposulfite, agiter fortement et longtemps pour détruire tout l'iode en excès.

« Il devenait intéressant de voir comment se comportent les factices à la saponification. On sait déjà qu'ils se dissolvent en totalité dans la soude alcoolique. Dans cette réaction, le chlore est à peu près éliminé, tandis que la teneur en soufre des acides gras correspond exactement à la teneur en soufre du factice. Toutefois, la proportion d'acides gras trouvés est toujours plus faible que ne l'implique une simple saponification, même en tenant compte de l'élimination du chlore. Ainsi l'échantillon A donnait 90 °/₀, l'échantillon B seulement 79,4 °/₀ d'acide gras. Il faut donc qu'une partie de l'huile et une quantité correspondante de soufre aient éprouvé une transformation d'un autre ordre. Les eaux provenant de la saponification contenaient beaucoup de chlore, mais pas de soufre apparent : ni acide sulfurique, ni hydrogène sulfuré, ni acide sulfureux. Mais en évaporant ces eaux en présence de l'excès d'acide chlorhydrique ajouté pour déplacer les acides gras jusqu'au moment où elles commencent à émettre des fumées chlorhydriques, on y constate la présence de beaucoup d'acide sulfurique.

« Il semble donc que le chlorure de soufre, avec le concours de l'oxygène emprunté soit à l'atmosphère, soit au factice lui-même, ait transformé une partie de l'huile en un acide oléo-sulfurique, analogue à ceux qui se produisent dans la fabrication des huiles pour rouge turc.

« Dans toutes les préparations de factices que j'ai effectuées par la suite j'ai constaté la formation en plus ou moins grande quantité, de ces acides oléo-sulfuriques et par suite une diminution correspondante en acides gras substitués. Ces réactions concomitantes sont difficiles à régulariser, car, même en opérant dans des conditions en apparence identiques, j'ai obtenu des proportions variables d'acides gras insolubles.

« La saponification éliminant du chlore de la molécule du factice, il était à prévoir que les acides isolés absorberaient sensiblement plus d'iode que les factices d'où ils proviennent, tandis que les acides gras ordinaires offrent, on le sait, un indice d'iode voisin de celui des huiles d'où ils dérivent. De fait, les indices des acides saponifiés sont à peu près le triple de ceux des factices.

« Il n'a été publié, à ma connaissance, que peu de choses sur l'action du chlorure de soufre (S^2Cl^2) sur les huiles grasses. Les plus récentes communications sont dues à Bruce Warren (1) et à Sommer (2).

« Warren prétend que les huiles siccatives donnent avec le chlo-

(1) *Chemical News*, 1888, p. 113.
(2) Brevet allemand n° 50282.

rure de soufre des masses solides, insolubles dans le sulfure de carbone, tandis que les huiles non siccatives donnent des produits solubles dans ce véhicule.

« Stolmann, dans la dernière édition du Dictionnaire de Muspratt, écrit que ces résultats semblent mériter peu de créance, puisque l'on sait que l'huile d'olives, type des huiles non siccatives, se transforme, sous l'action du chlorure de soufre, en une masse analogue au caoutchouc, insoluble dans l'éther. Les faits signalés dans le brevet de Sommer, ainsi que nos expériences personnelles, contredisent formellement les assertions de Warren.

« Si l'on ajoute une quantité suffisante de chlorure de soufre à une huile grasse quelconque, les deux liquides se mélangent aussitôt. Après quelques instants de contact, il se produit une vive réaction accompagnée d'un dégagement considérable de chaleur. Le mélange écume, s'enlève, dégage des vapeurs de chlorure de soufre avec un peu d'acide chlorhydrique et de gaz sulfureux et, au bout de quelques secondes, se prend en une masse solide, élastique, à peine poisseuse, de couleur jaune ambré, facile à diviser et à écraser sous le pilon. Abandonnée à l'air, cette masse perd l'excès de chlorure de soufre employé et l'acide chlorhydrique adhérent ; elle ressemble alors de tous points aux factices blancs du commerce. Si l'on dilue l'un ou l'autre des réactifs ou tous les deux avec un solvant neutre, sulfure de carbone ou benzine, la réaction se déclare moins vite, sa violence est modérée, mais le résultat final est le même ; le factice est un peu plus poreux en raison de la volatilisation du dissolvant.

« Ainsi se passent les choses lorsque la quantité de chlorure de soufre employée est suffisante. Dans le cas contraire, on obtient, avec un dégagement de chaleur moindre, un produit final, pâteux et poisseux, qui, même longtemps après, à froid ou à chaud, ne se solidifie pas.

« La quantité de chlorure de soufre nécessaire pour transformer une huile en un factice solide est variable avec la nature de l'huile. D'après mes essais :

100 parties d'huile	ne donnent pas avec	mais bien avec	un produit solide
de lin	25 parties S^2Cl^2	30 parties S^2Cl^2	
d'œillette	30 —	35 —	
de navette	20 —	25 —	
de coton	40 —	45 —	
d'olives	20 —	25 —	
de ricin	18 —	20 —	

« On voit, à l'inspection de ces chiffres, qu'il n'y a aucun rapport entre la propriété siccative des huiles et leur aptitude à se solidifier sous l'action du chlorure de soufre.

« Ayant ainsi fixé les proportions de chlorure de soufre nécessaires, j'ai préparé et analysé les factices à base d'huiles de lin, de navette, d'œillette et d'un mélange à parties égales d'huiles de lin et de navette. Les résultats sont exposés dans le tableau II. Aucun de

ces factices ne s'est trouvé analogue aux factices A et B du tableau I, produits de provenance anglaise dont il s'agissait de connaître le mode de préparation. Au contraire, l'échantillon commercial C (tableau I) donne à l'analyse des chiffres si concordants avec ceux du factice à l'huile de navette C du tableau II, qu'on est en droit, ce me semble, de conclure à l'identité. Les indices d'iode des acides gras isolés des factices présentent d'une sorte à l'autre des différences si accusées que la concordance des indices peut être invoquée comme preuve manifeste d'identité. J'ai su d'ailleurs, par un fabricant, que la plupart des factices fabriqués en Allemagne sont à base d'huile de navette.

« Le caractère distinctif des factices anglais A et B est leur faible teneur relative en soufre et en chlore, d'après laquelle 20 °/₀ seulement de chlorure de soufre auraient été employés pour solidifier 100 parties d'huile. En dehors de l'huile de ricin, j'ai constaté que, seules, les huiles *oxydées* pouvaient se prendre en masses solides avec cette proportion de chlorure de soufre.

« L'huile de lin, par exemple, qui exige au moins 30 parties de S^2Cl^2 pour se solidifier, lorsqu'elle est fraîche, n'en demande plus que 15 à 18 parties lorsqu'elle a été chauffée pendant quelques heures à 200—250°, au contact de l'air. Si l'on pousse la température à 250—300°, il suffit de 10 °/₀ S^2Cl^2. Un factice ainsi préparé coûterait 4,78 °/₀ de soufre et 4,85 °/₀ de chlore. Toutes les huiles siccatives se comportent à cet égard comme l'huile de lin.

« En suivant cette voie, j'ai pu identifier les factices anglais avec le produit obtenu par l'action du chlorure de soufre sur l'huile de coton oxydée, désignée par le commerce anglais sous le nom d'huile de ricin soluble.

« Je serai plus bref en ce qui concerne les *factices bruns*. Ils se trouvent dans le commerce tantôt en blocs bruns foncés, collants, tantôt en poudre. L'analyse y indique la présence d'une quantité de soufre beaucoup plus forte que dans les factices que nous avons examinés précédemment ; par contre, le chlore y fait presque entièrement défaut. Ces factices s'obtiennent sans doute en cuisant l'huile avec du soufre. Ils se dissolvent aussi dans la soude alcoolique ; le savon, traité par un acide, dégage des quantités appréciables d'hydrogène sulfuré ; les acides gras isolés contiennent cependant une proportion de soufre peu inférieure à celle des factices d'où ils dérivent. Les indices d'iode de ces factices et ceux des acides gras soufrés sont assez élevés, ce qui me porte à croire que c'est l'huile de lin ou un mélange d'huiles de lin ou de navette qui sert à leur fabrication. Je n'ai pas poussé plus loin l'étude de cette sorte de factices beaucoup moins intéressants, au point de vue scientifique, que ceux dont nous avons parlé plus haut.

« Il était intéressantde savoir si la vulcanisation des caoutchoucs additionnés de factice influence la teneur en chlore du produit. J'ai examiné un grand nombre de caoutchoucs manufacturés contenant du factice et j'y ai toujours reconnu qualitativement le chlore en quantité notable. Comme il n'est pas employé d'autres produits chlorés dans la fabrication du caoutchouc — sauf une exception dont nous

parlerons plus loin — on peut déjà conclure à la présence du chlore dans l'extrait acoolique alcalin d'un caoutchouc à l'emploi d'un factice blanc.

« Les essais quantitatifs, toutefois, ont fait voir que la proportion de chlore des caoutchoucs manufacturés est bien moindre que celle qui correspondrait à la quantité de factice ajouté. C'est ainsi que, dans deux échantillons dont la teneur en factice ressortait à 53 et 12 %, je n'ai trouvé que 0,5 % et 0,37 % de chlore, alors qu'en calculant sur une moyenne de 7 % de chlore dans le factice, j'aurais dû trouver 3,7 et 0,9 % Cl. A la vulcanisation, une partie du chlore se dégage donc, soit sous forme de chlorure de soufre, soit à l'état d'acide chlorhydrique ou de toute autre façon.

« Si la soude alcoolique extrait une proportion notable d'un échantillon de caoutchouc et que l'extrait ne contienne pas de chlore, on peut hésiter entre deux hypothèses : ou la gomme est mélangée de factice brun, ou elle contient un corps gras. Nous avons les moyens de décider entre ces deux hypothèses : on a vu que les acides gras, séparés des factices, contiennent une proportion de soufre peu inférieure à celle des factices eux-mêmes ; ceux des factices bruns en contiennent, en général, plus de 10 %. Si donc les huiles grasses n'ont pas fixé du soufre pendant la vulcanisation, si elles n'ont pas, par la cuisson même du caoutchouc, été transformées en factice, on doit pouvoir distinguer, en isolant les acides gras provenant du traitement par la soude alcoolique et en les essayant, quant à leur teneur en soufre, entre l'addition d'une huile cuite avec du soufre et d'une huile ordinaire.

Pour résoudre expérimentalement ce point, j'ai chauffé durant plusieurs heures à 130—135°, températures les plus élevées, je pense, qu'on atteigne dans les vulcanisations, de l'huile de navette avec un excès de soufre. Dans ces conditions l'huile dissout de grandes quantités de soufre qui recristallise en majeure partie par le refroidissement. Après filtration, on a saponifié l'huile limpide et séparé, comme d'habitude, les acides gras. Finalement, on a redissous ceux-ci dans de l'alcool à 90 % pour séparer le soufre précipité, et dosé le soufre dans les acides ainsi purifiés, où s'étaient encore déposés, après filtration, quelques cristaux de soufre. Trouvé S = 0,98 %.

« On le voit, la quantité de soufre trouvée dans ces conditions est négligeable par rapport à celle que contiennent les acides des factices bruns. Le problème de reconnaître dans un caoutchouc la présence de factice blanc, de factice brun ou d'une huile grasse ordinaire et de les y doser, peut donc être considéré comme résolu. La présence de quantités notables de chlore permet de conclure à l'addition de factice blanc ; le dosage du soufre dans les acides gras isolés de l'extrait à la soude alcoolique décide entre le factice brun et un corps gras. La méthode se trouverait en défaut si l'on avait affaire à un caoutchouc contenant à la fois ces trois catégories de substances ; mais, évidemment, ce cas ne se rencontre que fort rarement.

« Que faut-il entendre par le terme de *caoutchouc patenté ?* Dans

le dictionnaire technique de Muspratt (4e édition), il est dit qu'on désigne ainsi des caoutchoucs vulcanisés dont on a enlevé l'excès de soufre par ébullition avec des alcalis caustiques. Cette indication est de tout point erronée. On entend par caoutchoucs patentés ceux qui sont préparés avec la feuille sciée ou feuille anglaise découpée à la scie dans des blocs de caoutchouc normal. La fabrication de ces feuilles est connue. La gomme bien purifiée est agglomérée dans un mélangeur-masticateur en pains de 3 à 5 kg. Au moyen d'une forte presse hydraulique on agglomère un certain nombre de ces pains en un gros bloc. Celui-ci doit être amené à un état de durcissement qui permette de le débiter en feuilles de toutes épaisseurs. On arrivait autrefois à ce résultat en abandonnant les blocs pendant plusieurs mois dans des caves fraîches ; aujourd'hui, on se sert, dans ce but, sans doute uniquement du froid artificiel, auquel on expose les blocs pendant quelques jours. Ce qui caractérise la feuille anglaise, c'est l'aspect strié qu'elle doit à l'action de la scie et que chacun a pu remarquer sur les objets en caoutchouc souple de bonne qualité à usages chirurgicaux ou scientifiques. Il serait cependant risqué d'admettre que tous les caoutchoucs qui présentent les stries dont nous venons de parler ont été réellement obtenus avec la feuille sciée, car il n'est pas difficile d'obtenir le même aspect en calandrant le caoutchouc travaillé à la façon ordinaire entre des cylindres portant des cannelures qui imitent sur la feuille encore molle les empreintes laissées par la scie.

« Les objets confectionnés avec la feuille anglaise sont presque toujours vulcanisés à froid par le chlorure de soufre. Une petite proportion seulement est vulcanisée par l'ancien procédé d'immersion dans un bain de soufre fondu.

« A divers points de vue, il était intéressant de compléter cette étude sur l'analyse du caoutchouc et sur les factices par l'examen de la gomme vulcanisée d'après le procédé de Parkes. Il fallait savoir, d'une part, si cette gomme résiste aussi à l'action de la soude alcoolique et si la méthode d'analyse que j'ai instituée s'applique aux caoutchoucs vulcanisés à froid ; d'autre part, il était intéressant de savoir si le chlorure de soufre agit sur le caoutchouc comme sur les huiles, et se fixe dans la molécule de l'hydrocarbure, à la fois par son soufre et par son chlore.

« J'ai analysé de nombreux échantillons de gomme patentée et j'y ai trouvé en général un peu plus de soufre que de chlore. Voici d'ailleurs quelques-uns des résultats obtenus.

« J'ai découpé d'abord dans un bloc de para pur et sec des feuilles aussi minces que possible que j'ai traitées par le chlorure de soufre. L'analyse a donné :

	I	II
1. Cendres du caoutchouc initial.	0,46	0,46
2. Soufre	5,19	0,50
3. Chlore	5.61	0,57
4. Substance extraite par la soude alcoolique. . .	2,90	2,20
Cendres du résidu de l'extraction	0,67	0,90

« La soude alcoolique n'attaque donc pas plus le caoutchouc vulcanisé à froid que le caoutchouc vulcanisé par la méthode ordinaire. Le procédé d'analyse est donc applicable à l'une comme à l'autre de ces sortes commerciales.

« L'échantillon I était survulcanisé, presque dur et à peine élastique. L'échantillon II au contraire était insuffisamment vulcanisé et, à 100° centigrades, devenait déjà collant. Ces analyses représentent donc des sortes limites.

« Je me suis procuré, d'autre part, de la feuille anglaise authentique que j'ai analysée avant et après vulcanisation :

	Feuille anglaise : normale	Feuille anglaise : vulcanisée
1. Cendres	[illegible]8 pour 100	0,18 pour 100
2. Soufre	[illegible]	1,07
3. Chlore	[illegible]	0,89
4. Extrait par la soude [illegible]	[illegible]4	1,66
5. Soufre dans l'extrai[illegible]	[illegible]	0,57 (1)
6. Chlore dans l'extrait	[illegible]	0,55 (2)
7. Gomme dissoute par [illegible]	[illegible]4	0,54

« D'après ces résultats, on devait s'attendre à ce que les gommes patentées du commerce se comportassent d'une manière analogue à l'égard de la soude alcoolique. Les ouvrages qui décrivent l'industrie du caoutchouc répètent en effet tous que la gomme patentée ne peut être découpée que dans les blocs de caoutchouc *para* de bonne qualité. Grand fut mon étonnement de trouver mon attente déçue pour un certain nombre d'échantillons comme les suivants, par exemple.

		I	II	III
1. Cendre		0,67 pour 100	»	0,20
2. Soufre.		3,68	2,37	1,86
3. Chlore		3,63	2,51	1,33
4. Résidu de l'extraction . .		84,30	92,10	94,50
5. Cendres du résidu 4. . .		1,80	—	0,88
6. Soufre dans 4.		1,92	1,77	0,83
7. Chlore dans 4.		1,31	1,54	1,17
Substance dissoute	S + Cl.	4,08	1,57	1,57
Substance dissoute	organique (env.)	12,50	6,50	5,00

l'échantillon I était une qualité bon marché d'une fabrique de l'Allemagne du Nord. Les échantillons II et III des tubes de caoutchouc de provenance inconnue.

« Pour connaître la nature du produit soluble de l'échantillon I, on a extrait une cinquantaine de grammes de ce produit par la

(1-2) Tous ces chiffres sont rapportés à 100 parties de substance initiale.

oude alcoolique, chassé l'alcool, acidulé et repris par l'éther. Ceui-ci a abandonné un résidu d'apparence huileuse contenant :

Soufre	6,29 pour 100
Chlore	0,35
Et donnant l'indice d'iode	92

« L'analogie de ces chiffres avec ceux obtenus précédemment lans l'analyse de caoutchoucs ordinaires additionnés de factice blanc ne me paraît pas laisser de doute sur la présence d'un pareil actice dans la gomme patentée examinée.

« J'ai su d'ailleurs par un fabricant que, depuis quelques années, l n'est pas rare de rencontrer dans le commerce, de la feuille sciée contenant des factices, quelquefois jusqu'à concurrence du tiers.

« Il m'a semblé utile de relever le fait, parce que bien des gens sont persuadés encore qu'en achetant de la feuille sciée ou de la gomme patentée, ils obtiendront le caoutchouc pur dont ils peuvent avoir besoin. Les analyses ci-dessus montrent combien peu cette manière de voir est justifiée.

Depuis la publication de ses précédentes études sur ce sujet, l'auteur a été à même de contrôler les résultats de sa méthode, en l'appliquant à l'analyse de caoutchoucs manufacturés préparés par une fabrique de caoutchoucs avec des proportions connues de factice brun, blanc, ou d'huile de colza.

Il a été amené à simplifier et à perfectionner sa méthode, de telle sorte qu'elle réclame aujourd'hui beaucoup moins de temps et de précautions qu'au début.

« J'avais constaté, dit-il, que le caoutchouc traité par la soude alcoolique ou aqueuse, retient une quantité d'alcali non négligeable dont il fallait déterminer le poids pour l'ajouter à celui des substances dissoutes, obtenu par différence. (Voir précédemment). Ce n'est pas tout : pour pouvoir établir une juste balance des substances dissoutes il était nécessaire de doser le soufre dans l'échantillon initial, et dans le résidu de l'extraction. Depuis, j'ai reconnu qu'en avant le caoutchouc extrait, en le faisant bouillir avec de l'acide chlorhydrique étendu, et lavant encore jusqu'à neutralité, la quantité d'alcali retenue par la gomme est si faible, qu'on peut la négliger dans le calcul des résultats. »

« L'analyse complète d'un mélange de factice ou d'huile grasse, de gomme et de soufre, comporte les six déterminations suivantes :

a/ soufre total.
b/ cendres totales.
c/ poids de la substance extraite par la soude caustique.
d/ poids du soufre dans la partie extraite C (ramenée à l'échantillon analysé).
e/ cendres de la partie extraite (calculées sur l'échantillon).
f/ soufre des acides gras dissous.

« Pour déterminer C, il suffit de 1 gramme 5 à 2 grammes de substance. En général, l'extraction peut être considérée comme terminée après 2 ou 3 heures d'ébullition au réfrigerant à reflux avec la

soude alcoolique ; mais il est bon de renouveler l'extraction pendan
1 heure ou 2 avec de la lessive fraîche, à titre de précaution. O
tient compte de la petite quantité de substance du caoutchouc mêm
qui se dissout dans la soude alcoolique, en déduisant de l'extrai
alcoolique 2, 5 °/₀ du poids de caoutchouc trouvé par différence
Cette correction résulte d'une moyenne de 10 déterminations di-
rectes dont les chiffres ont varié de 0,9 à 3, 5 °/₀.

« Ayant les six résultats indiqués, on obtient le pourcentage du
mélange en acides gras (y) (sulfurés ou non) et en caoutchouc (x) à
l'aide des équations :

$$\frac{2,5\,x}{100} + y = 100 - C + (e - b) - (a - d)$$

$$x + y = 100 - (a + b)$$

d'où l'on tire

$$x + \frac{100}{97,5}(c - d - e)$$

$$y = 100 - (a + b + x)$$

« On a trouvé ainsi, pour trois sortes de caoutchoucs de composi-
tion indiquée par le fabricant :

	I. — Caoutchouc avec factice brun	II. — Caoutchouc avec factice blanc	III. — Caoutchouc avec huile
a)	19,46 °/₀	11,38	21,55
b)	0,72	0,40	0,40
c)	68,37	67,68	63,40
d)	2,64	1,51	3,06
e)	2,70	2,81	3,17
f)	16,60	9,27	3,20
Chlore	Nul	Réaction très forte	Nul

« D'où l'on calcule la composition :

I	Trouvé	Indiqué
Soufre	16,13 °/₀	16,4
Factice brun .	18,50	19,3
Caoutchouc. .	64,65	64,3
Cendres . . .	0,72	»

II	Trouvé	Indiqué
Soufre	9,19	9,6
Factice blanc.	25,43	25,8
Caoutchouc. .	64,98	64,6
Cendres . . .	0,40	»

III	Trouvé	indiqué
Soufre. . . .	21,55	23,5
Huile	20,42	17,7
Caoutchouc .	57,63	58,8
Cendres . . .	0,40	»

« On voit que la concordance est des plus satisfaisantes.

« L'auteur a cherché également des méthodes de dosage de l'asphalte (bitume), substance que l'on rencontre assez souvent dans le caoutchouc souple ou durci.

« Les solvants organiques habituels capables de dissoudre l'asphalte sans résidu, le chloroforme, l'essence de térébenthine, par exemple, gonflent le caoutchouc non vulcanisé en une masse poisseuse qui rend tout séparation impossible. La nitrobenzine n'offre pas cet inconvénient, et dissout facilement le bitume. Sur cette observation est basé le procédé de dosage suivant :

« Dans un verre à pied, on met environ un gramme de l'échantillon à analyser, divisé le plus finement possible, à digérer avec 30 centimètres cubes du nitrobenzine. Au bout d'une heure, à froid, on jette sur un filtre, on exprime les fragments de caoutchouc avec une baguette de verre contre les parois, et on lave avec 30 centimètre cube du même solvant. On fait passer avec la pissette le contenu du filtre, exprimé le mieux possible, entre des doubles de papier non collé, dans une capsule, on ajoute de l'eau et on fait bouillir, jusqu'à ce qu'on reconnaisse à l'odeur que toute la nitrobenzine a été entraînée avec la vapeur d'eau. On repasse sur filtre taré, on lave, sèche et pèse. Dans le cas où la gomme est chargée de substances minérales, dont les particules se détachent à l'ébullition ou qui se dissolvent partiellement, on évapore à sec le contenu de la capsule après élimination de la nitrobenzine.

« En traitant de la sorte plusieurs sortes de caoutchouc non bitumineux, on a trouvé une perte de 1.44 — 2.03 — 1.10 — 1.54 °/₀, soit en moyenne 1 1/2 °/₀. En tenant compte de la correction résultant de cette partielle solubilité de la gomme elle-même dans la nitrobenzine, si l'on analyse un mélange ne contenant que de la gomme non vulcanisée et de l'asphalte, posant x le pour cent de *gomme* du mélange, on a :

$$\frac{15 \times x}{100} + 100 - x = a$$

Dans l'application du procédé à l'analyse des caoutchoucs vulcanisés, les choses se compliquent un peu plus, par suite de la présence du soufre non combiné, dont une partie se dissout dans la nitrobenzine. Mais, si l'on élimine d'abord ce soufre non combiné, les résultats redeviennent normaux.

« L'extraction du soufre réussit le mieux par l'action de la soude alcoolique employée à dissoudre les factices et les corps gras. Il suffit donc de procéder au dosage de l'asphalte sur l'échantillon qui a servi à déterminer le factice. (Il faut, bien entendu, qu'avant de filtrer la liqueur résultant de l'extraction par la soude alcoolique, tout l'alcool ait été éliminé, comme l'auteur l'a recommandé dans le premier Mémoire.) L'auteur s'est assuré que l'asphalte seul, dans ces circonstances, n'éprouve qu'une perte de poids négligeable, 4 à 5 milligrammes pour un gramme.

« D'un autre côté, divers caoutchoucs vulcanisés, au préalable désulfurés par la soude alcoolique, lavés et séchés, soumis au même traitement, ont perdu 2.7 — 2.33 — 4.11 — 3.51 °/° de leur poids, soit en moyenne 3 °/°. On peut considérer ce chiffre comme le coefficient de solubilité dans la nitrobenzine du caoutchouc vulcanisé ; on en tiendra compte dans le calcul de l'analyse.

« Le procédé a été appliqué à quatre mélanges en proportions connues de gomme vulcanisée et d'asphalte. Il a donné les résultats suivants :

	Mélange analysé		Perte au désulfurage	Perte au traitement à la nitrobenzine de l'échantillon désulfuré	Teneur en asphalte	
					de l'échantilon désulfuré	de l'échantillon primitif
A	Gomme et soufre . . . Asphalte.	90 10	8,40 °/₀	14,18 °/₀	11,53 °/₀	10,57 °/₀
B	Gomme et soufre . . . Asphalte.	80 20	5,89	23,05	20,68	19,45
C	Gomme et soufre . . . Asphalte.	77,27 22,73	6,84	26,48	24,20	22,54
D	Gomme et soufre . . . Asphalte.	71,46 28,54	4,86	31,46	29,34	28,05

« Le procédé s'applique de la même manière à l'analyse des caoutchoucs durcis.

« A la vérité, le coefficient de solubilité dans la nitrobenzine paraît un peu plus faible pour le caoutchouc durci que pour le souple. La perte pour trois sortes de durci pur (gomme, soufre et cuisant minéral) a été de 1.59 °/₀ — 3.22 °/₀ — 2.22 °/₀. Néanmoins, en l'absence de plus d'expériences à cet égard, on peut admettre le chiffre de 3 °/₀ pour la solubilité du durci désulfuré à la potasse alcoolique.

« L'analyse d'un durci formé de 80 °/₀ de gomme et soufre, et 20 °/₀ d'asphalte, a donné :

Perte au désulfurage	Perte au traitement à la nitrobenzine de l'échantillon désulfuré	Teneur en asphalte de l'échantillon désulfuré (2 0/0 pour la gomme)	Teneur en asphalte rapportée à l'échantillon primitif
5,96 °/₀	22,59 °/₀	21,01 °/₀	19,76 °/₀

« L'asphalte artificiel préparé avec les brais du goudron de houille se dissout en totalité dans la nitrobenzine, comme l'asphate naturel.

BREVET NOBEL

Nous finirons cette partie de notre chapitre en mentionnant intégralement le brevet n° 235, 829 pris par M. Nobel le 26 janvier 1894 pour l'obtention d'une nouvelle substance chimique pouvant servir de succédané au caoutchouc tout aussi bien qu'à la gutta-percha, les cuirs et les vernis. Nous n'avons pu contrôler les faits avancés par l'inventeur, mais par leur originalité même, ils ouvrent un nouveau champ d'investigations à nos chercheurs aussi bien qu'à nos industriels toujours en quête de nouveau et de mieux.

En dissolvant dans une matière qui s'y prête de la nitrocellulose, de l'oxynitro-cellulose ou de l'hydronitro-cellulose, on obtient des produits dont la consistance est proportionnée à la proportion de nitrocellulose effectivement dissoute, c'est ainsi que se forme le celluloïd, qui se compose le plus souvent de deux parties de nitrocellulose pour une partie de camphre.

Abstractions faites des produits franchement explosifs, le celluloïd est la seule matière solide ainsi obtenue qu'on a pu utiliser dans l'industrie. Cependant, on a fait beaucoup de tentatives pour produire des matières plus ou moins analogues, mais moins riches en nitrocellulose et susceptibles de remplacer le caoutchouc, la gutta-percha, les cuirs, ainsi que de former des cuirs utilisables. Même la matière brevetée en Angleterre en 1891 par Frédr. Crane sous le n° 3345 et qui consiste en nitrocellulose dissoute dans des matières grasses sulfurées ne donne pas le résultat promis. C'est faute de dissolvants remplissant réellement le but cherché que les tentatives ont échoué.

Mes recherches m'ont permis de découvrir de nombreux dissolvants pour les nitrocelluloses permettant d'obtenir, en y dissolvant de la nitrocellulose, de l'oxynitrocellulose ou de l'hydronitrocellulose, corps que j'appellerai ci-après du nom global nitrocellulose, en proportions appropriées au but, des substances d'une élasticité et d'une consistance telles qu'elles peuvent avantageusement remplacer le caoutchouc, la Gutta-percha, les cuirs et les vernis.

Pour convenir aux usages ci-dessus spécifiés, il faut qu'un dissolvant possède les propriétés ci-dessous énumérées, à savoir :

1° — Il doit dissoudre très bien et aussi complètement que possible la nitrocellulose sans qu'il puisse y avoir dans les limites de température ordinaires ni l'exsudation ou séparation du dissolvant, ni défaut de plasticité du produit ou tendance du produit à devenir cassant.

2° Il doit permettre d'obtenir des produits que n'affectent ni l'humidité, ni le contact direct de l'eau.

3° Il doit être assez peu combustible pour que le produit obtenu ne soit ni explosible, ni combustible à un degré qui pourrait en rendre l'usage sérieusement dangereux.

4° — Il doit être fixe ou du moins si peu volatil que les produits

obtenus ne puissent subir aucun changement par suite de l'évaporation graduelle du dissolvant.

5° — Il doit être d'une stabilité chimique suffisante, pour qu'aucune décomposition spontanée ne puisse avoir lieu.

Pour trouver pour la production des matières sus-indiquées des dissolvants remplissant ces conditions, j'ai dû les chercher parmi les produits inconnus à titre de dissolvants de nitrocellulose pour les usages sus-décrits.

En voici l'énumération :

1° — Les chloro et bromo ainsi que les chloro et bromo nitro dérivés du camphre, le nitro-camphre, les nitro-cymènes, les nitrotoluols, les di et trinitrobenzols, les nitroxylols, les nitrocumols, les nitro-naphtalines, les nitranilines, les nitronaphtols, ainsi que les chloro et bromo dérivés de toutes ces substances ; le chloro et bromonitrobenzol, les chlorhydrines, acétines, acétochlorhydrines et camphorines, les huiles de résines nitrées, en particulier celles qu'on obtient par la distillation des savons de résine, ainsi que leurs chloro et bromo dérivés.

On peut aussi ajouter aux dissolvants sus-nommés de l'huile de ricin, pourvu que ce ne soit pas en quantité assez forte pour entraver la solubilité ou qu'une exsudation se produise soit en chauffant, soit à froid.

2° — Les dissolvants ci-dessus énumérés mélangés ou combinés entre eux.

J'entends ici et partout dans ce mémoire descriptif, par chloro et bromo dérivés, les produits d'addition aussi bien que de substitution de chlore et de brome.

Les dissolvants solides à la température ordinaire doivent être fondus ou dissous dans un dissolvant liquide, afin de faciliter l'incorporation de la nitrocellulose avec ces dissolvants.

Comme la nitrocellulose n'est jamais une substance absolument homogène, c'est la pratique qui permettra de choisir celle qui conviendra le mieux à l'usage, d'autant plus que pour des causes économiques ou autres, on préférera un dissolvant à un autre et que la meilleure nitrocellulose pour un dissolvant n'est pas toujours la meilleure pour un autre dissolvant.

Mais un petit essai préalable permet d'observer facilement si le degré d'élasticité ou de consistance a été obtenu.

Il importe de noter qu'en solubilité égale, la nitrocellulose la plus faiblement nitrée (obtenue soit par nitration directe à l'aide d'acides faibles, soit par dénitration à l'aide de procédés bien connus d'une nitrocellulose plus fortement nitrée), est à préférer puisqu'elle permet de réduire au minimum la combustibilité du produit obtenu. Parmi les dissolvants, ce sont les chloro et bromo dérivés ci-dessus spécifiés qui atténuent le plus la combustibilité du produit.

La nitrocellulose peut être dissoute dans et incorporée avec les sus-dits dissolvants, soit à l'état mouillé, soit à l'état sec.

Dans le premier cas, l'incorporation avec le dissolvant liquide, dissout ou fondu se fait très facilement par malaxage.

Dans le second cas, il est préférable de faciliter par addition de bons dissolvants volatils, tels que l'acétone, l'éther alcoolisé, l'alcool méthylique, l'acétate d'éthyle, l'incorporation de la nitrocellulose sèche. Dans l'un et l'autre de ces cas, la matière doit être travaillée soit dans un bon malaxeur mécanique chauffé à la vapeur, soit entre les cylindres d'un laminoir également chauffé à la vapeur, et ce travail doit être continué jusqu'à ce que la matière se montre parfaitement homogène et qu'elle présente la consistance voulue.

Si le produit final est destiné à être employé à une température au dessus de la normale, la proportion de nitrocellulose dissoute doit être augmentée puisque la consistance du produit décroît considérablement à mesure que la température croît.

Il serait inutile de spécifier ici le grand nombre de dissolvants qu'on peut obtenir en mélangeant ou combinant entre eux les dissolvants sus énumérés, et je me borne à énumérer ci-dessous quelques bons dissolvants, pouvant servir de types, savoir :

1° — 5 parties de nitrocumol,
3 parties de mononitronaphtaline,
2° — 1 partie de nitrocymène,
1 partie de nitrocumol,
1 partie de mononitronaphtaline,
3° — le bromocamphre,
4° — le chloro ou bromo nitrotoluol,
5° — le chloro ou bromo nitrocamphre,
6° — 1 partie d'huile de savon de résine nitrée,
1 partie de nitrocumol,
1 partie de mononitronaphtaline,
7° — 1 partie de bromonitrotoluol,
1 partie de mononitronaphtaline,
2 parties de nitrocumol,
2 parties d'huile de savon de résine nitrée.

En dissolvant dans un des susdits dissolvants ou dans un des dissolvants équivalents ci-dessus décrits de 15 à 30 °/₀ de son poids de nitrocellulose, on obtient une masse très élastique et ressemblant à s'y méprendre au caoutchouc.

Entre 30 et 40 °/₀, la matière se rapproche plus des qualités de la gutta-percha. Si on augmente encore la proportion de nitrocellulose, le produit offre la consistance de l'apparence des cuirs.

Si le dissolvant est très visqueux, comme l'est l'huile de résine nitrée, il faut beaucoup moins de nitrocellulose dissoute pour obtenir la même consistance que si on se sert de dissolvants très fluides.

APPENDICE DE LA PREMIÈRE PARTIE

—

Pour suivre l'ordre logique des choses, il nous faudrait maintenant aborder la transformation du caoutchouc industriellement préparé dans ses diverses applications. Elles sont nombreuses aujourd'hui et seront plus nombreuses encore demain. Il n'est pas une branche de l'industrie, il n'est pas un instant de l'activité humaine chez les nations civilisées où le caoutchouc ne soit mis à contribution sous une forme ou sous une autre. Nous n'entreprendrons pas d'énumérer ici toutes les formes sous lesquelles cette matière est appelée à être utilisée chaque jour tant à l'atelier que dans la vie domestique, pas plus que nous n'essaierons de rappeler toutes les applications auxquelles elle est susceptible de se prêter. Ce serait trop long, sans grande utilité pour nos lecteurs. Chacun d'eux connaît dans la limite de sa sphère d'action les objets susceptibles d'être manufacturés totalement en caoutchouc et ceux d'un autre côté qui doivent essentiellement à cette substance leurs propriétés génériques. La description des procédés de fabrication de chacun de ces objets est œuvre utile et répondant à un besoin réel, surtout à notre époque, nous l'avouons sincèrement ; mais c'est à la condition que la description soit méthodique, approfondie et complète.

Nous avons souvent eu l'occasion de parcourir certains manuels de technologie, mais nous n'avons jamais pu comprendre les avantages de ce genre de recueils : une description sommaire va souvent à l'encontre du but que se propose l'auteur et, malgré une bonne foi évidente, il n'arrive souvent qu'à fausser les idées du débutant et à faire hausser les épaules au praticien expérimenté. Si nos forces ne trahissent pas notre volonté nous essayerons, dans un deuxième volume, de donner la monographie aussi complète que possible des principales industries ayant trait au caoutchouc.

Pour en revenir à notre sujet, nous donnerons quelques indications de statistique sur le commerce du caoutchouc, détails qui portent en eux-mêmes leur enseignement, mais que nous eussions également négligés si, à l'instar de l'Angleterre, des Etats-Unis d'Amérique et de l'Allemagne, la France possédait un organe hebdomadaire ou pour le moins une revue mensuelle ou trimestrielle susceptible de donner ces indications. Malheureusement il n'en est pas ainsi ; quoique l'industrie du caoutchouc soit plus qu'honora-

blement représentée dans notre pays, nos industriels se contentent des mercuriales d'outremer ; nous dirons plus : il semble qu'ils se complaisent à rester tributaires des marchés de Londres et de Liverpool, non seulement pour l'acquisition des matières premières dont ils ont besoin, mais même des moindres renseignements de cours et de statistique. New-York, Boston, Hambourg se sont affranchis de la suprématie anglaise ; Paris, Le Hâvre, Bordeaux et Marseille restent soumis au joug et leurs rubriques, où caoutchoucs et guttas-perchas se trouvent confondus, sont plus qu'insuffisantes et dénotent la pauvreté du marché. Avons-nous au moins un service de statistique bien organisé, émanant du ministère du commerce ou de celui des colonies ? A cette question nous devons également répondre négativement à notre grand regret ; malgré toute la complaisance avec laquelle l'administration se met à la disposition de ceux qui pensent avoir besoin de renseignements, il est impossible de tirer quelque parti des documents mis à la disposition du public.

Nous eussions volontiers entrepris pour la France un travail analogue à celui que publie mensuellement l'India Rubber and Gutta Percha and Electrical Trades Journal de Londres : nous nous sommes heurtés à des difficultés sans nombre et nous avons dû renoncer à ce projet.

Mais comme en définitive les marchés de Londres et de Liverpool sont encore aujourd'hui les marchés régulateurs des prix du caoutchouc, nous reproduisons en une série de tableaux annexés ci-contre les données statistiques du commerce général du caoutchouc en Angleterre pendant les 12 dernières années, afin d'en tirer quelques déductions intéressantes. Comme le prix du caoutchouc brut varie sans cesse, avec des soubresauts quelquefois tout à fait inattendus, nous avons pensé qu'il y aurait quelqu'intérêt à tracer un graphique de ces variations depuis 1861 jusqu'à fin 1894. Les caoutchoucs du Para étant les régulateurs du marché et les autres espèces ne faisant que suivre les oscillations de cette qualité, c'est le Para 1er et le Sernamby qui nous ont servi de types pour l'exécution de ce tableau.

Chaque année y est divisée en 12 divisions mensuelles et les prix sont indiqués en francs et en centimes par kilogramme.

Voici d'ailleurs les prix des principales variétés de caoutchouc offertes sur le marché de Londres comparativement au Para Caoutchouc. (Cote du 8 décembre 1894).

		Francs
Para.	le kilogramme	8,25
Negroheads.	—	6,30
Madagascar.	—	6
— noir	—	4,25
Penang.	—	4,95
Mozambique rosé.	—	5,45
— fuseau	—	5,40
— marbles	—	5,30
Amérique centrale	—	5,77
Assam	—	3,90
Bornéo.	—	4,20
Gambie	—	4,65
Congo	—	4,45
Sierra-Léone	—	4,25

A. IMPORTATION DU CAOUTCHOUC BRUT EN ANGLETERRE
(1er Janvier 1883 à fin Décembre 1894).

Mois	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Janvier	1 029 665,200	751 636,400	983 236,000	935 634,400	1 567 688,000	1 074 166,000
Février	1 069 284,400	1 266 596,400	1 459 484,000	971 854,800	1 042 416,000	1 434 693,600
Mars	882 146,800	1 429 156,400	925 626,800	853 551,600	1 561 879,600	742 766,000
Avril	1 081 735,200	1 098 804,000	612 140,000	798 017,200	981 811,600	970 889,600
Mai	1 036 774,000	626 168,800	657 047,200	640 842,000	788 974,800	717 152,800
Juin	954 582,800	711 403,200	541 620,000	560 882,800	723 398,800	633 628,400
Juillet	732 786,800	719 378,800	406 095,200	573 227,200	674 878,000	615 642,200
Août	1 321 109,200	530 838,400	592 023,200	616 311,200	917 651,200	785 342,800
Septembre	771 042,400	744 575,600	584 352,400	866 089,200	869 391,200	969 264,000
Octobre	993 714,000	585 632,400	561 594,000	678 230,800	935 228,000	833 069,200
Novembre	1 063 853,600	715 822,800	778 764,000	1 167 079,200	875 588,800	1 104 188,800
Décembre	891 743,200	878 835,200	1 027 531,000	1 114 204,000	995 375,200	1 192 423,800
Total de l'année	11 588 437,600	10 058 848,400	9 129 513,800	9 779 914,400	11 934 281,200	11 073 223,800

ENDANT LA PÉRIODE DUO-DÉCENNALE

(Le tout calculé en kilos, le CWT = $50^k,800$).

1889	1890	1891	1892	1893	1894	Mois
1 143 355,600	1 128 883,200	1 512 366,800	1 653 844,800	1 177 036,000	1 595 594,400	Janvier
1 916 887,200	1 167 288,400	1 165 606,000	1 601 774,800	984 758,000	1 228 750,400	Février
1 235 203,600	1 408 176,000	1 130 046,000	1 380 479,200	1 123 238,800	1 041 572,400	Mars
775 411,200	1 057 503,600	1 501 800,400	1 062 482,000	1 230 579,200	1 858 264,000	Avril
806 450,000	931 570,400	1 141 542,800	844 143,600	1 565 351,200	1 642 618,000	Mai
501 700,800	728 073,200	1 366 428,400	877 568,000	1 100 074,000	1 256 128,400	Juin
719 886,800	831 594,400	766 165,600	897 788,400	1 119 108,800	978 103,200	Juillet
670 915,600	624 636,800	1 212 496,000	786 536,400	1 260 294,000	841 806,800	Août
1 143 000,000	1 257 955,600	758 799,600	1 062 736,000	1 207 109,000	955 802,000	Septembre
996 442,000	1 202 748,800	1 165 809,200	1 113 485,200	1 313 844,800	1 405 026,400	Octobre
884 377,200	1 438 859,200	1 195 771,200	1 399 895,600	1 380 362,800	1 229 106,000	Novembre
1 209 192,400	1 630 273,600	1 248 410,000	1 144 576,400	1 362 933,200	1 369 872,800	Décembre
12 002 822,400	13 401 573,200	14 165 242,000	13 825 328,400	14 824 690,400	15 400 644,800	Total de l'année

B. RÉEXPORTATION DU CAOUTCHOUC BRUT D'ANGL

(1er Janvier 1883 à fin Décembre

Mois	1883	1884	1885	1886	1887	188
Janvier	395 448,000	354 025,200	557 072,800	312 215,800	616 000,800	497 78
Février	221 030,800	537 168,400	478 435,200	345 694,000	625 449,600	368 49
Mars	219 557,600	327 558,400	366 877,600	475 234,000	572 008,000	529 51
Avril	421 690,800	481 279,200	332 790,600	560 278,400	486 714,800	748 48
Mai	664 362,400	429 666,400	326 168,000	874 572,800	594 969,600	572 76
Juin	325 280,400	310 946,800	353 923,600	596 782,400	536 752,800	577 534,
Juillet	266 598,400	294 214,800	269 290,800	410 159,200	287 274,000	473 100,
Août	340 512,400	600 151,200	267 970,000	309 524,400	246 430,800	480 628,
Septembre	477 062,800	730 707,200	444 093,600	427 532,800	436 778,400	472 984,
Octobre	579 221,600	528 828,000	298 600,400	449 783,200	572 871,600	608 785,
Novembre	585 114,400	436 321,200	508 152,400	404 012,400	657 606,000	725 982,
Décembre	698 398,400	547 878,000	482 041,200	453 542,400	288 899,600	436 524,
Total de l'année	5 194 308,000	5 578 684,800	4 687 416,200	5 559 332,800	5 921 754,000	6 492 592

NT LA PÉRIODE DUO-DÉCENNALE

ut calculé en kilos, le CWT = 508 kilos).

1889	1890	1891	1892	1893	1894	Mois
5 472,000	540 766,000	682 853,600	485 394,000	603 504,000	656 183,600	Janvier
4 680,400	573 178,400	[illegible]38 987,200	570 220,000	727 252,800	697 382,400	Février
9 715,200	857 605,600	710 438,000	891 133,600	532 688,800	623 112,800	Mars
198,000	625 551,200	476 554,800	570 390,000	457 555,600	735 634,800	Avril
224,400	956 564,000	372 313,200	568 502,800	806 586,800	658 876,000	Mai
242,000	513 232,400	448 716,400	650 041,400	700 430,400	693 496,400	Juin
699,600	471 271,600	261 975,600	516 026,400	483 666,800	623 773,200	Juillet
500,000	482 041,200	422 452,800	397 936,400	606 094,800	801 977,600	Août
998,800	614 172,000	1 201 681,600	502 259,600	563 575,200	672 744,400	Septembre
238,800	487 121,200	1 093 520,800	717 042,000	677 874,200	896 440,000	Octobre
428,400	630 532,800	635 812,400	815 644,800	711 108,600	882 751,600	Novembre
786,000	487 172,000	682 599,600	947 946,800	709 320,400	753 668,800	Décembre
213,600	7 219 208,400	7 927 502,000	7 632 540,800	7 579 657,800	8 696 043,600	Total de l'année

Si nous résumons le tableau A d'autre part nous trouverons que les importations de caoutchouc brut en Angleterre ont été les suivantes pendant la période duodécennale 1883-1894, c'est-à-dire une moyenne de 5 f. 80 le kg.

l'année	Nombre de kilogrammes	Valeur déclarée en douane
		Francs
1883.	11 528 437	91 320 425
1884.	10 058 848	56 812 475
1885.	9 129 513	49 543 350
1886.	9 779 914	55 068 650
1887.	11 934 281	67 063 125
1888.	11 073 223	63 235 900
1889.	12 002 822	65 434 225
1890.	13 401 573	81 627 200
1891.	14 165 242	83 798 450
1892.	13 825 328	74 560 300
1893.	14 824 690	83 260 450
1894.	15 400 644	81 978 700
Total	147 124 515	853 703 250

Sur cette quantité, il a été réexporté d'Angleterre pendant la même période dans les divers pays de l'ancien et du nouveau continent 79, 035, 247 kg de caoutchouc brut pour une somme 446,862,700 francs se repartissant entre chacune des 12 années étudiées comme le montre le tableau B.

En convertissant le chiffre pondéral annuel de réexportation de caoutchouc brut en francs, nous trouvons les chriffres suivants.

Année	Nombre de kilogrammes	Valeur déclarée en douane
		Francs
1883.	5 194 308	36 583 750
1884.	5 578 684	28 887 175
1885.	4 687 416	24 087 875
1886.	5 559 332	32 597 000
1887.	5 925 754	33 541 075
1888.	6 492 592	33 395 875
1889.	6 546 213	35 288 850
1890.	7 219 208	42 803 675
1891.	7 927 500	44 757 450
1892.	7 603 540	39 493 275
1893.	7 579 657	40 458 450
1894.	8 696 043	45 028 250
Total.	79 035 247	446 862 700

Ces réexportations se décomposent, selon les pays industriels consommateurs, de la manière suivante :

1885. 1er janvier au 31 novembre 1898.
Angleterre a réexpédié en Caoutchouc brut :

Pays	Nombre de kilogrammes	Valeur déclarée
		Francs
ux États-Unis.	23 303 610	113 625 225
n Allemagne	15 890 594	90 162 250
n Russie.	9 582 773	62 988 225
n France	4 438 826	22 619 050
n Hollande	3 123 210	21 194 950
n Italie	1 256 946	8 141 425
n Belgique	853 592	4 004 750
n divers autres pays	294 046	1 852 775
ans les pays du protectorat britan-que	103 174	573 950

ıoique les chiffres donnés ci-dessus ne concernent que les opé-ns commerciales de réexportation, ils n'en sont pas moins in-sants à étudier et nous forcent de jeter un cri d'alarme : puisse-être entendu de nos négociants, de nos industriels et de nos oirs publics.

France n'occupe que le 4e rang dans le tableau précédent, dis-ée de fort loin non seulement par les Etats Unis d'Amérique, ce 'a rien d'étonnant, mais encore par l'Allemagne, qui fait des le géant dans les progrès industriels et surtout par la Russie qui, à peu s'affranchit du tribut industriel qu'elle payait autrefois rgement à l'occident. La Hollande nous serre de près et ce que l'Italie et la Belgique qui nous sont inférieures. Sans doute importons directement du caoutchouc, mais tous nos autres ıx précités en importent également et si nous étudions plus en l ce résumé des réexportations du caoutchouc brut, nous pour-nous convaincre de plus en plus de la justesse de nos observa-.

nous examinons plus à fond le tableau comparatif ci-après de éexportations pour la France, l'Amérique, l'Allemagne et la ie seules, nous verrons que non seulement nous n'occupons que ıatrième rang dans la série, mais encore que, tandis que notre strie reste à peu près stationnaire, les nations rivales voient iffre de leurs affaires prendre une importance de plus en plus idérable.

ous n'essaierons pas d'expliquer les causes de ces phénomènes, de raisons y contribuent simultanément : le travail matériel du tchouc brut exige plutôt un effet mécanique considérable, tan-ue le génie de notre nation, athénien s'il en fut, ne prend toute

Nous appelons l'attention du lecteur sur le N. 8 (divers autres pays). les chiffres indiqués plus haut sous cette rubrique il faut comprendre ède pour la presque totalité de l'importation, quoique l'activité indus-e de ce pays date à peine de 3 ans pour le cas spécial qui nous occupe.

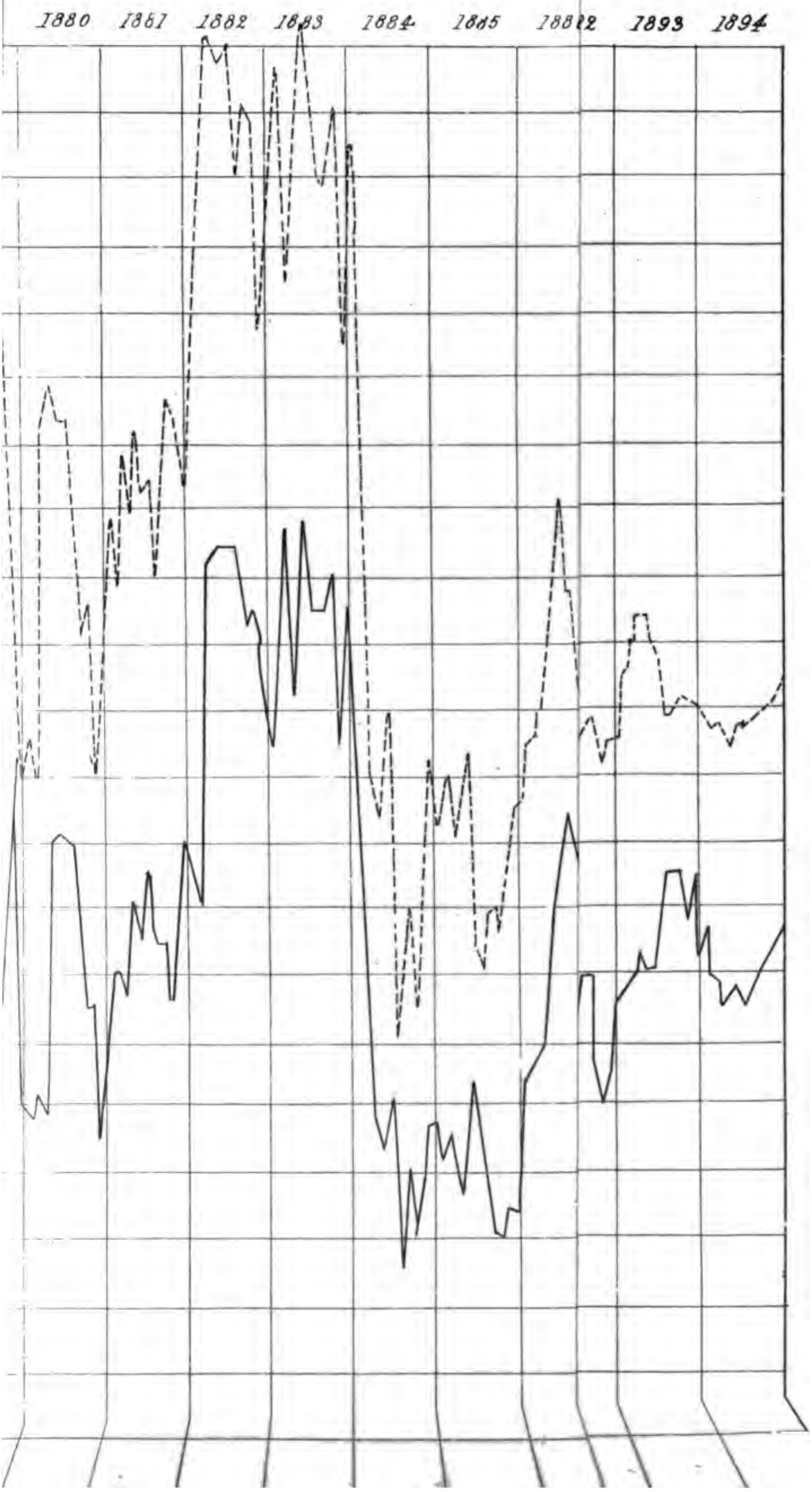
la plénitude de sa puissance productrice que lorsque l'effo
est plutôt intellectuel que matériel. Nous pourrions aussi
sur d'autres causes telles, par exemple, que notre amour
claré des discussions du forum au grand détriment de l'us
l'atelier ; nous pourrions enfin avancer que l'industrie do
étudions la matière première est une de celles qui exigent u
riel chaque jour plus considérable et que notre nation n
assez aventureuse de ses capitaux pour s'engager facilem
une voie quelque peu hasardeuse. Mais nous préférons no
ter : nous ne faisons pas un livre d'économie politique, nou
lons le péril menaçant notre industrie : nous n'avons pas p
sion d'y porter remède.

Nous terminerons ces quelques données statistiques en fa
marquer que les opérations sur les caoutchoucs bruts se tr
France sur le marché du Havre, et aussi à Nantes, Marseil
deaux et Paris ; en Angleterre sur les marchés de Liverpo
Londres ; en Amérique sur les places de New-York et de
en Allemagne sur le marché d'Hambourg. Par suite de l
relativement élevée de ces produits, les prix s'équilibrent g
ment d'une place à l'autre, car les frais de transport ne
lieu qu'à des différences de quelques centimes par kilogram

Enfin, nous donnons en terminant le tableau de l'export
caoutchouc manufacturé du Royaume Uni pendant la pério
décennale 1883-1894. Nous manquons de données exactes
équivalences françaises où caoutchouc et Gutta-Percha se t
toujours confondus et nous nous abstiendrons, par conséq
tirer quelque déduction de ce résumé.

A ET DES NEGRO HEADS

1894



Dates	France	États-Unis	Allemagne	Russie
1885	333 408 kil. = 2 801 450 fr.	1 283 320 kil. = 5 544 450 fr.	1 358 392 kil. = 6 905 450 fr.	957 427 kil. = 5 575 750 fr.
1886	538 734 = 2 574 850	2 629 728 = 15 181 750	1 361 389 = 7 597 800	703 558 = 4 675 025
1887	499 973 = 2 468 875	2 970 592 = 11 676 500	1 784 250 = 10 337 025	858 266 = 5 837 525
1888	485 902 = 2 274 050	2 538 933 = 11 383 325	1 937 969 = 9 872 850	837 641 = 6 041 525
1889	580 135 = 2 910 450	2 368 043 = 11 819 450	1 981 403 = 9 962 525	899 401 = 5 868 775
1890	600 717 = 2 809 550	2 939 440 = 16 084 000	1 944 725 = 11 691 275	1 023 518 = 6 915 300
1891	565 048 = 2 852 175	3 520 150 = 18 740 825	1 849 272 = 10 440 000	1 230 579 = 8 386 875
1892	387 260 = 1 860 325	3 168 446 = 15 816 475	1 746 198 = 8 949 625	1 443 024 = 8 712 150
1893	447 619 = 2 067 325	2 584 958 = 11 378 450	1 926 996 = 10 409 700	1 629 359 = 10 975 300
Total	4 438 826 kil. = 22 619 050 fr.	23 303 610 kil. = 113 625 225 fr.	15 890 594 kil. = 90 162 500 fr.	9 582 773 kil. = 62 988 225 fr.

EXPORTATION DE CAOUTCHOUC MANUFACTURÉ D'ANGLE

(1er Janvier 1883 à fin Décembre

Mois	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Janvier	2 329 025	1 782 425	2 046 925	1 858 425	1 888 925	2 082 [illegible]
Février	2 106 950	2 052 550	1 736 825	1 827 075	1 996 650	2 097 [illegible]
Mars	2 083 950	2 129 500	1 822 725	2 012 875	2 222 450	2 485 [illegible]
Avril	1 990 350	2 089 050	1 873 825	1 753 175	1 981 000	2 254 [illegible]
Mai	2 002 775	2 155 150	1 691 575	1 795 900	1 128 575	2 332 [illegible]
Juin	2 105 675	1 903 550	1 733 600	2 007 210	2 189 325	2 201 [illegible]
Juillet	2 368 900	2 762 750	1 826 875	1 921 475	2 217 700	2 410 [illegible]
Août	2 292 425	2 080 000	1 816 525	1 971 750	2 116 300	2 666 [illegible]
Septembre	2 246 400	2 483 125	1 971 150	2 287 900	2 432 625	2 598 [illegible]
Octobre	2 526 475	2 313 700	1 230 500	2 388 750	2 636 325	2 752 [illegible]
Novembre	2 397 200	2 087 250	1 984 900	2 218 375	2 649 300	2 40[illegible]
Décembre	2 238 000	1 997 475	2 030 725	2 231 050	2 323 150	2 28[illegible]
Total de l'année	26 688 125	25 836 525	21 765 150	24 274 000	25 782 825	28 5[illegible]

DEHORS PENDANT LA PÉRIODE DUO-DÉCENNALE

tout calculé en francs, la L = 25 francs).

1889	1890	1891	1892	1893	1894	Mois
2 071 875	2 381 275	2 208 325	2 786 475	2 308 325	2 293 625	Janvier
2 058 875	2 130 600	2 448 475	2 452 175	2 309 050	2 045 425	Février
2 458 300	2 357 425	2 836 150	2 596 350	2 791 100	2 383 200	Mars
2 334 350	2 453 800	2 864 375	2 439 550	2 332 800	2 312 800	Avril
2 325 350	2 515 275	2 540 200	2 146 050	2 417 925	2 222 075	Mai
2 059 375	2 312 375	2 558 925	2 283 875	2 417 475	2 299 925	Juin
2 523 650	2 558 175	2 561 500	2 631 125	2 358 575	2 683 975	Juillet
2 387 000	2 759 825	2 410 550	2 590 725	2 699 475	2 418 100	Août
2 449 900	2 910 650	2 550 950	2 548 375	2 712 050	2 306 800	Septembre
2 661 525	2 947 225	3 023 400	2 571 225	2 382 400	2 800 425	Octobre
2 493 525	2 565 675	2 574 900	2 689 125	2 426 050	2 653 775	Novembre
2 295 950	2 725 275	2 704 950	2 681 475	2 518 600	2 449 425	Décembre
28 119 675	30 617 575	31 282 700	30 416 525	29 673 825	30 869 550	Total de l'année

SUPPLÉMENT

—

Caractères du genre Landolphia.

A la page 20 de cet ouvrage, en traitant des origines botaniques et en citant les Apocynacées susceptibles de fournir le latex du caoutchouc, nous n'avons à dessein mentionné que superficiellement le *Landolphia* comme végétal producteur de gomme élastique. Nous savions qu'un travail botanique tout spécial était en voie de préparation sur cette liane et nous avons préféré attendre la publication fort intéressante du Mémoire de M. Alfred Dewèvre, Dr ès-sciences à Bruxelles, sur les *Caoutchoucs Africains*, pour nous approprier quelques-unes de ses données sur ce végétal.

« Les *Landolphia*, dit l'auteur, sont tous, d'après ce que l'on sait jusqu'à ce jour, des lianes ligneuses qui grimpent aux arbres en s'accrochant à l'aide de crochets formés par la transformation de leurs inflorescences ou de certains rameaux, et par l'enroulement de leur tige autour d'un végétal soutien. Leur hauteur maximum peut atteindre 25 mètres (Capitaine Chaltin), probablement même davantage ; l'épaisseur de leur tronc pourrait aller jusqu'à 15 centimètres de diamètre et même plus (*L. comorensis* [Boj.] var. *florida* K. Schum.) ; je n'ai point vu de troncs de pareille dimension, mais j'ai pu examiner à Berlin des portions de lianes ayant un diamètre de 5 centimètres.

Je ne puis d'ailleurs donner une meilleure idée du port et du genre de vie de ces végétaux, qu'en transcrivant un passage emprunté au R. P. Merlon, relatif au *Landolphia comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum., qu'il surnomme le *boa végétal :*

« Traînant sur le sol son tronc dénudé du bas, glissant à travers « toutes les ronces, courant par bonds énormes à travers les sen- « tiers des fauves, contournant les rochers, s'élançant aux grands « arbres qu'elle enlace, jetant ses ponts de verdure et sa ramure « sombre d'une rive à l'autre des cours d'eau, retombant plus loin « sur la terre, où elle s'enchevêtre elle-même dans un inextricable « réseau de racines, cette plante singulière et sauvage remplit « d'immenses régions dans les forêts mystérieuses de l'intérieur. »

La *tige*, de couleur brune ou grisâtre, est généralement couverte de très nombreuses lenticelles. Chez certaines espèces (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum., (*L. senegalensis* D. C.), les tiges sont en-

tièrement glabres, mais chez la plupart on trouve des poils brunâtres sur les rameaux jeunes (*L. Petersiana* [Kl.] Th. Dyer, (*L. Lecomtei* A. Dew., *L. Kirkii* Th. Dyer, *L. parvifolia* K. Schum., etc.), parfois même sur des branches déjà âgées (*L. tomentosa* A. Dew., *L. bracteata* A. Dew., etc.); peut-être même certaines d'entre elles en possèdent-elles encore sur les tiges adultes. De la tige partent, en plus ou moins grand nombre, des branches feuillues.

Les *feuilles* sont opposées, pétiolées, habituellement elliptiques, parfois presque arrondies (certaines formes du *L. Petersiana* [Kl.] K. Schum., quelques feuilles du *L. madagascariensis* [Boj.] K. Schum.), quelquefois ovales ou obovales, à sommet aigu (*L. Petersiana* [Kl.] Th. Dyer., *L. parvifolia* K. Schum., *L. Kirkii* Th. Dyer, etc.), parfois obtuses (*L. comorensis* [Boj.], *L. madagascariensis* [Boj.] K. Schum., *L. senegalensis* D. C., *L. lucida* K. Schum.), ou plus ou moins arrondies (*L. tomentosa* A. Dew., *L. Thollonii* A. Dew.), assez souvent prolongées en un mucron court ou long, pointu ou arrondi (*L. Lecomtei* A. Dew., *L. Heudelotii* D. C., *L. owariensis* P. de Beauv., etc.); la base est le plus souvent cunéiforme (*L. Kirkii* Th. Dyer, *L. Petersiana* [Kl.] Th. Dyer, etc.), parfois plus ou moins arrondie (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum., *L. bracteata* A. Dew., *L. Thollonii* A. Dew., *L. Lecomtei* A. Dew.), rarement cordée (*L. lucida* K. Schum., *L. bracteata* A. Dew.); les bords du limbe sont fort souvent recourbés vers la face inférieure; cette dernière est ordinairement mate et pâle, alors que la face supérieure est luisante et de teinte plus foncée.

En règle générale, ces feuilles sont coriaces, tantôt glabres (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum. et *L. comorensis* [Boj.] var. *florida* K. Schum., *L. madagascariensis* [Boj.] K. Schum., *L. senegalensis* D. C., *L. Petersiana* Th. Dyer, etc.), tantôt poilues; dans ce dernier cas, on ne trouve habituellement des poils que sur les nervures, et encore presque exclusivement sur le côté inférieur. Parmi les espèces les plus poilues, on peut citer les *L. tomentosa* A. Dew., *L. bracteata* A. Dew., *L. Traunii* Sadeb. et *L. Michelinii* Benth.; à la face supérieure, il n'y a généralement que la nervure primaire qui soit pileuse, rarement l'on observe quelques rares poils sur le limbe. Les bords de la feuille sont ciliés chez quelques espèces, notamment chez le *L. Kirkii* Th. Dyer. La présence ou l'absence de poils semblent ne point être des caractères très constants.

La *nervation* est pennée chez toutes les espèces du genre; toujours l'on trouve une nervure médiane, glabre ou pubescente, faisant ordinairement saillie assez fortement à la face inférieure, creusée en gouttière à la face supérieure; chez *L. madagascariensis*, elle est large et non canaliculée à la face supérieure; sur la nervure médiane viennent s'insérer, soit presque perpendiculairement, soit plus ou moins obliquement, les nervures secondaires. Celles-ci sont parfois nombreuses, serrées parallèlement les unes contre les autres (*L. madagascariensis* [Boj.] K. Schum.), d'autres

fois assez espacées (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum.), s'unissant souvent vers la marge de façon à constituer un ourlet, qui est particulièrement bien marqué chez les *L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum., *L. lucida* K. Schum., *L. Traunii* Sadeb., *L. Heudelotii* D. C., etc.

Les feuilles sont toujours pourvues d'un *pétiole*, parfois très peu développé (*L. crassipes* Radlk.), rarement d'une longueur supérieure à 15 millimètres ; généralement il est grêle, non renflé à la base, excepté chez le *L. crassipes* Radlk., exceptionnellement un peu élargi à son point d'insertion sur la tige, comme on l'observe chez le *L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum. ; souvent il est poilu, glabre chez le *L. comorensis* (Boj.) K. Schum., *L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum. et quelques autres.

Les *inflorescences* sont terminales ou latérales, toutes construites sur le même type : ce sont, à l'état de réduction plus ou moins grand, des panicules ou, plus scientifiquement, des cymes corymbiformes ou thyrsiformes ; elles comprennent toujours un pédoncule qui, parfois sessile ou presque sessile (*L. Parvifolia* K. Schum.), peut atteindre chez certaines espèces (*L. Petersiana* [Kl.] K. Schum.) des dimensions considérables (16 centimètres) ; ce pédoncule se continue par un rachis sur lequel viennent s'insérer des rameaux secondaires donnant parfois attache à quelques petites branches portant un certain nombre de fleurs. Il peut arriver que les rameaux tertiaires manquent et que les secondaires et les primaires se raccourcissent fortement, de façon à simuler une sorte de capitule (*L. Thollonii* A. Dew., *L. parvifolia* K. Schum.) ; le rachis peut aussi s'allonger de manière à laisser un espace assez considérable entre les rameaux secondaires : on a alors les panicules du *L. Petersiana* (Kl.) K. Schum. Ces inflorescences sont ordinairement couvertes de poils bruns ; on en trouve de glabres chez le *L. comorensis* (Boj.) K. Schum.

Après la floraison, la plupart des espèces, peut-être même toutes, allongent certaines de leurs inflorescences, parfois très fortement (*L. Petersiana* [Kl.] K. Schum. et *L. senegalensis* D. C.), et les transforment en crochets qui finissent par se lignifier.

Les *fleurs* sont toujours hermaphrodites, construites d'une façon assez semblable pour les diverses espèces : elles comprennent un calice rarement glabre (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum.), plus fréquemment pubescent ou couvert de poils bruns, divisé jusqu'à sa base, ou presque jusqu'à sa base, en 5 lobes, accidentellement en 4 lobes, souvent coriaces, carénés, lancéolés ou elliptiques, plus ou moins aigus ou obtus au sommet ; chez le *L. Kirkii* Th. Dyer, la base des divisions est arrondie, légèrement pédicellée. La longueur des sépales ne dépasse guère 8 millimètres, chez les espèces où ils sont les plus grands (*L. bracteata* A. Dew.) ; la dimension la plus fréquente est 2 ou 3 millimètres ; les espèces à grandes fleurs ont ordinairement de très petits calices : ainsi le *L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum., et le *L. comorensis* (Boj.) K. Schum., dont les corolles mesurent 40 millimètres et plus de

longueur, ont des calices de 1,5 à 2 millimètres. Il n'y a pas de glandes ou appendices à l'intérieur du calice.

La corolle, en forme d'entonnoir, se compose toujours d'une portion tubulaire se divisant à sa partie supérieure en 5 pétales, à peu près égaux, qui dans la préfloraison sont tordus à gauche. Ses dimensions totales, c'est-à-dire de la base du tube au sommet des pétales, varient de $5^{mm},5$ à 60 millimètres.

Le tube est rarement glabre et mince (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum.), plus fréquemment velu et coriace, étroit (1 à 3 millimètres), présentant soit immédiatement au-dessus du calice (*L. Kirkii* Th. Dyer, *L. Thollonii* A. Dew., *L. parvifolia* K. Schum.), soit dans toute l'étendue de sa moitié inférieure (*L. madagascariensis* [Boj.] K. Schum., *L. comorensis* [Boj.] K. Schum. *L. comorensis* [Boj.] var. *florida* K. Schum., *L. Petersiana* [Kl.] Th. Dyer, etc.), un renflement plus ou moins marqué; chez le *L. Lecomtei* A. Dew., ce renflement est un peu au-dessus de la partie médiane; enfin quelques espèces, le *L. Heudelotii* D. C., par exemple, ont un tube dilaté dans toute son étendue, ne s'étranglant que sous les pétales. La longueur du tube varie entre 2 millimètres (*L. Kirkii* Th. Dyer) et 25 ou 26 millimètres (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum. et sa variété); ses dimensions surpassent, chez certaines espèces, celles des pétales; dans d'autres, elles leur sont sensiblement égales; enfin parfois elles sont moindres.

On ne trouve jamais d'appendices à la gorge de la corolle chez les plantes de ce genre.

Les pétales sont parfois glabres extérieurement (*L. comorensis* [Boj.] K. Schum.); le plus souvent ils présentent des cils sur leurs bords; beaucoup des espèces à petites fleurs ont des pétales velus extérieurement; leur forme est généralement lancéolée, obovale ou fusiforme, à sommet plus ou moins aigu, parfois un peu arrondi; leurs dimensions sont, pour certaines espèces, le *L. Kirkii* Th. Dyer, par exemple, de 3 à 4 millimètres de longueur sur $1^{mm},25$ de largeur; pour d'autres, telles que les *L. comorensis* (Boj.) K. Schum. et *L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum., elles vont jusqu'à 40 millimètres de longueur, sur 6 à 10 millimètres de largeur.

A l'état vivant, les fleurs des *Landolphia* sont blanches (ou jaunâtres) et répandent une odeur de jasmin très prononcée; sèches, leur teinte varie du jaune brunâtre au brun rougeâtre foncé.

Les étamines, au nombre de 5, sont logées dans la partie renflée du tube de la corolle et par conséquent cachées; elles sont réduites à des anthères libres, en forme de flèches, prolongées en une assez longue pointe au sommet et attachées par un très court filet à la paroi du tube.

Les pistils sont, eux aussi, très courts; ils comprennent un ovaire globuleux, glabre ou pubescent, surtout à la base du style, uniloculaire, contenant deux placentas pariétaux sur lesquels viennent s'attacher de nombreuses graines; les styles qu'ils portent au sommet ont, chez les plus grandes espèces, 5 ou 6 millimètres;

ils sont terminés par un stigmate fusiforme, pubescent, prolongé en une sorte de bec fendu en deux.

Les fleurs sont entremêlées de *bractées* ordinairement petites et poilues ; les plus grandes se trouvent chez le *L. bracteata* A. Dew. ; elles sont au nombre de deux, fortement velues extérieurement, situées à la base de chaque groupe de fleurs ; leurs dimensions sont : 6 millimètres de longueur sur 3 millimètres de largeur.

Les *fruits* sont des baies sphériques ou piriformes, à enveloppe coriace, pouvant, chez certaines espèces, atteindre le volume d'une noix de coco, se réduisant souvent à la taille d'une orange, d'un abricot ou d'un fruit beaucoup plus petit encore ; leur couleur est, à l'état frais, jaune ou brune ; à sec, elle est noire ; leur surface est glabre, parfois pruineuse, garnie de lenticelles ; à l'intérieur du fruit, se trouvent des graines plus ou moins nombreuses, qui, d'après le peu que l'on en connaît, ne paraissent pas avoir la même structure chez toutes les espèces : en effet, celles du *L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum. comportent deux cotylédons bien nettement visibles, foliacés, minces et larges, appliqués l'un contre l'autre et entourés d'un albumen corné ; celles du *L. Kirkii* Th. Dyer montrent un albumen continu, sans cotylédons différenciés, et un embryon très petit placé au sommet de cet albumen. Le tégument des graines est, chez toutes les espèces connues, entouré d'une couche pulpeuse acide, comestible, qui résulte des nombreux poils gorgés de suc qui en garnissent la surface.

Le genre *Landolphia* est particulier à l'Afrique ; on y connaît actuellement 21 espèces, se répartissant entre le 16e parallèle nord et le 30e sud, c'est-à-dire s'arrêtant, au nord, là où commence le désert du Sahara et ne pénétrant point en Égypte ni en Nubie ; au sud, il ne paraît y en avoir qu'au nord de la colonie du Cap ; on n'en a pas encore signalé, que je sache, au sud des Diamonds-Fields.

Les espèces les plus répandues sont le *Landolphia comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum. et le *L. Petersiana* (Kl.) Th. Dyer, que l'on trouve dans presque toute l'Afrique, aussi bien sur la côte orientale que sur la côte occidentale.

Les espèces suivantes se rencontrent à la côte occidentale :

L. comorensis (Boj.) K. Schum. ; *L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum. ; *L. Petersiana* (Kl.) Th. Dyer ; *L. Petersiana* var. *crassifolia* K. Schum. ; *L. Lecomtei* A. Dew. ; *L. lucida* K. Schum. ; *L. owariensis* Pal. de Beauv. ; *L. senegalensis* D. C. ; *L. Heudelotii* D. C. ; *L. Michelinii* Benth. ; *L. Traunii* Sadeb. ; *L. tomentosa* A. Dew. ; *L. parvifolia* K. Schum. ; *L. Mannii* Th. Dyer ; *L. Thollonii* A. Dew.

A la côte orientale, on signale : *L. comorensis* (Boj.) K. Schum. ; *L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum. ; *L. Petersiana* (Kl.) Th. Dyer ; *L. Petersiana* var. *crassifolia* K. Schum. ; *L. Kirkii* Th. Dyer ; *L. capensis* Oliv. ; *L. crassipes* Radlk. ; *L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum. ; *L. angustifolia* K. Schum.

Les divers *Landolphia* sont, pour autant qu'on les connaît jusqu'à présent, assez localisés ; l'énumération des régions d'Afrique avec les espèces qui y habitent le montrera suffisamment.

Côte occidentale :

Région	Espèces
Sénégambie	*L. comorensis*, (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. Petersiana (Kl.) K. Schum.
	L. senegalensis D. C.
	L. Heudelotii D. C.
	L. Michelinii Benth.
	L. Traunii Sadeb.
	L. Tomentosa A. Dew.
Foutah-Djallon	*L. Comorensis* (Boj.) K. Schum.
	L. Heudelotii D. C.
Gambie	*L. senegalensis* D. C.
	L. tomentosa (Lep.) A. Dew.
Niger, Benin, Arbeokuta	*L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
Colabar	*L. Bracteota* A. Dew.
	L. Traunii Sadeb.
Cameroun, Togoland	*L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
	L. Heudelotii D. C.
	L. Manii Th. Dyer.
Corisco Bay	*L. Manii* Th. Dyer.
Gabon et Congo français	*L. comorensis* (Boj.) K. Schum.
	L. comorensis (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
	L. Petersiana var. *crassifolia* K. Schum.
	L. Lecomtei A. Dew.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
	L. Thollonii A. Dew.
État indépendant du Congo	*L. comorensis* (Boj.) K. Schum.
	L. comorensis (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
	L. lucida K. Schum.
Angola	*L. comorensis* (Boj.) var. *florida* K. Schum.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
	L. parvifolia K. Schum.

Côte orientale :

Région	Espèces
Cap	*L. capensis* Oliv.
Transvaal	*L. capensis* Oliv.
Delagoa-Bay	*L. Kirkii* Th. Dyer.
	L. Petersiana var. *crassifolia* K. Schum.
Mozambique	*L. Kirkii* Th. Dyer.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
	L. comorensis (Boj.) var. *florida* K. Schum.
Madagascar	*L. madagascariensis* (Boj.) K. Schum.
	L. crassipes Radlk.
Iles Comores	*L. comorensis* (Boj.) K. Schum.
Dar-es-Salam	*L. Kirkii* Th. Dyer.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
Zanzibar	*L. Kirkii* Th. Dyer.
	L. Petersianana (Kl.) K. Schum.
	L. comorensis (Boj.) var. *florido* K. Schum.
Usambara	*L. angustifolia* K. Schum.
	L. Kirkii Th. Dyer.
	L. Petersiana (Kl.) Th. Dyer.
	L. Comorensis (Boj.) var. *florida* K. Schum.
Djours	*L. Heudelotii* D. C.
	L. owariensis Pal. de Beauv.
	L. comarensis (Boj.) var. *florida* K. Schum.
Bahr-el-Ghazal	*L. Heudelotii* D. C.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE

DEUXIÈME PARTIE

LA GUTTA-PERCHA

« Sous le nom de gutta-percha se cachent des produits très divers, entre lesquels s'établit ainsi une confusion très fâcheuse et très préjudiciable à l'industrie en général.

Il est d'un grand intérêt de voir la lumière se faire sur une question aussi obscure jusqu'ici.

L'étude de l'origine botanique des produits qui se groupent sous ce nom de gutta-percha est encore très peu avancée, malgré les travaux de nombreux savants.

Il est nécessaire que les plus grands efforts soient faits pour établir l'origine botanique de toutes les sortes commerciales de gutta-percha, et que, autant que possible, on préconise et on développe la culture méthodique des arbres qui fournissent les bonnes sortes, afin d'en prévenir la disparition. »

(Dr BEAUVISAGE, Paris, 1881).

INTRODUCTION HISTORIQUE

—

a gutta-percha, dont les indigènes de race malaise de la
squ'île de Malacca, de l'île de Sumatra et de Bornéo se
raient déjà depuis une époque fort éloignée quoiqu'in-
rminée, a été introduite pour la première fois en Europe
1656 par le voyageur John Tradescant sous le nom de
zer Wood (bois inconnu) (1).
lle fut exhibée en Angleterre comme un objet de simple
osité, mais l'industrie, encore peu développée, négligea
s'en occuper ou ne sut pas en tirer parti. Tradescant
t venu trop tôt : mais sa découverte fût-elle arrivée
ne au commencement du XIXe siècle, elle eût été égale-
it négligée. Naturalistes, savants et industriels, tous
ent absorbés par l'étude de la gomme élastique et
raient que faire d'un produit qui était tout au plus, selon
, un caoutchouc de mauvaise qualité, sans souplesse et
s élasticité, incapable de rivaliser avec les gommes du
sil et des Indes orientales : on ne voyait que les défauts
on était loin de pressentir les qualités qui en font aujour-
i une matière de première nécessité.
e chirurgien anglais Montgomery, alors qu'il était aide-
or à Singapore en 1832, ayant appris que les naturels
cette île employaient une gomme toute spéciale pour
e des manches de parang (cognées de bûcherons) parvint
tenir, quoique fort difficilement, quelques renseigne-
ts sur cette substance singulière qui ramollissait dans
u bouillante, devenait ainsi plastique comme l'argile, et
enait par refroidissement une dureté et une ténacité
iment plus grande qu'au moment où le récolteur l'avait
chée à l'état concret du végétal producteur.
ontgomery, observateur intelligent, frappé des pro-
tés indiquées, parvint à se procurer une certaine quan-

L'échantillon importé à titre de curiosité par le voyageur anglais se
e au muséum Tradescantium à South Lambeth, près Londres.

tité de cette gomme et vérifia par lui-même les renseignements fournis par les Papous. Ses expériences lui prouvèrent que cette gomme nouvelle pouvait être appelée à rendre de grands services dans la fabrication des instruments de chirurgie en remplacement de ceux en caoutchouc naturel qui, sous l'influence de la température chaude et humide de la zone intertropicale, s'altéraient trop rapidement, devenaient collants et visqueux. En 1843, il communique le résultat de ses études au Médical-Board (société médicale) de Calcutta, en même temps qu'il chargea son ami, le Dr José d'Almeida, de faire la même communication à la Royal Société of Arts (académie des sciences) de Londres, qui s'empressa de reconnaître la valeur de la découverte de Montgomery en lui décernant sa médaille d'or.

En même temps qu'il fit cette communication, d'Almeida fournit aux industriels anglais un petit lot de cette gomme pour les mettre à même d'en essayer l'emploi. Ces premiers essais ne furent pas encourageants : l'industrie anglaise ne sut pas apprécier à sa juste valeur cette matière toute spéciale. Mais quelques-uns de ces échantillons furent expédiés à Paris, où sur les données de Montgomery on en fit des sondes et autres articles de chirurgie fabriqués au paravant avec le caoutchouc.

En 1845, Lagrénée, de retour d'une mission en Chine, rapporta une certaine quantité de gomme plastique qu'il était parvenu à se procurer lors de son passage à Singapoore : il en fit hommage au ministre du commerce. La matière mise à la disposition de nos industriels fut mieux étudiée et dès l'année suivante Alexandre, Cabriol et Duclos prirent le premier brevet pour l'emploi de la gutta-percha (28 juillet 1846).

Nous ne résistons pas au plaisir de donner ce premier brevet à titre de document historique. Il montre, d'ailleurs, toutes les illusions qu'on s'était plus à concevoir au premier moment au sujet de la gomme nouvelle, illusions qui ne tardèrent pas à s'évanouir.

Brevet Cabriol du 28 Juillet 1846

« Il consiste à doubler les deux côtés d'un tissu, d'une « étoffe quelconque, d'un papier, cuir, etc., avec la gutta « en lames très minces. A cet effet, je dispose dans un réci- « pient hermétiquement fermé, l'étoffe ou le tissu à doubler « ou à imperméabiliser. L'étoffe ainsi préparée, j'enroule sur

« deux rouleaux, les deux lames de gutta qui doivent servir « de doublure à la sus-dite étoffe. Le laminoir et le récipient « sont disposés de façon que l'étoffe en sortant du récipient, « puisse se dérouler, et se trouve prise entre les deux rou- « leaux de gutta, et s'encoller avec elles. Je passe alors au « laminoir, chauffe ces trois tissus ou nappes réunies, et « j'obtiens un tissu unique très consistant, parfaitement im- « perméable et homogène, propre à diverses applications. « Dans certains cas je supprime le tissu intermédiaire ou « âme et me contente du tissu résultant de la superposition « de deux lames de gutta, superposées en sens inverse du « fil du laminage, pressé à chaud. » La gutta-percha avait pris droit de naissance parmi nous et dès lors une nouvelle industrie était créée.

Nous n'avons pas la prétention de suivre pas à pas les diverses phases par où cette industrie passa jusqu'au moment où, mieux étudiée et mieux connue dans ses propriétés essentielles, la gutta-percha trouva sa place définitive dans les diverses applications auxquelles on crut devoir l'appliquer. Il nous suffira de dire que, comme tout produit nouveau, elle fut employée tour à tour à tous les usages réservés d'abord au caoutchouc : il se produisit un véritable engouement pour la matière nouvelle : les brevets se multiplièrent à l'envi : on fabriqua des bouchons, des colles, des fils, des chaussures, des articles de chirurgie, des vêtements, des tuyaux, des cuirasses pour navires, des navires même tout entiers en gutta, et il suffit de lire les rapports du regretté M. Ballard sur l'exposition de Londres en 1851 pour se convaincre de l'enthousiasme exagéré provoqué par la nouvelle découverte. De toutes ces applications plus ou moins judicieuses, il ne reste déjà plus que le souvenir, et ne fussent quelques emplois tout spéciaux où la gutta est indispensable, la gomme résine de Sumatra eut été bien vite abandonné par l'industrie. Et en effet, les propriétés caractéristiques de la gutta sont telles qu'elles vont à l'encontre de tous les usages qu'on en fit d'abord. Substance éminemment plastique à une température un peu élevée, il était naturel de voir les vêtements ainsi que les chaussures, faits avec cette matière, se ramollir à la chaleur des foyers dont on les approchait. On fut bien tenté de corriger ce défaut par la vulcanisation, qui venait de donner au caoutchouc sa véritable importance industrielle, mais, là encore, on se trompait sur les propriétés réelles et la nature du corps auquel on faisait subir cette transformation. En effet, l'action du soufre et des autres corps halogènes sur la gutta ne peut en aucune manière être comparée à celle

de ces corps sur la gomme élastique. Aussi les illusions que l'on s'était faites au sujet de cette substance ne furent que de courte durée et c'est bien aux caractères propres de la gutta, et surtout sa malléabilité à une température relativement peu élevée, comme le dit fort bien M. Guibal dans son rapport sur l'exposition de 1878, qu'est due la cause de l'insuccès relatif de la nouvelle industrie.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède qu'aujourd'hui la gutta-percha est une matière peu utilisée et facile à remplacer. Tant s'en faut, et nous pouvons même affirmer que la découverte ainsi que l'étude de ses propriétés est arrivée à l'heure psychologique et qu'elle a ainsi su trouver sa véritable place dans les applications industrielles. Supposons, en effet, que la gutta se soit présentée sur le marché international simultanément avec le caoutchouc, il est évident qu'à ce moment où l'on ne connaissait qu'à peine l'électricité dynamique, la galvanoplastie ainsi que les travaux véritablement scientifiques des laboratoires de chimie, de médecine et de photographie, la gutta eut été reléguée au nombre des matières de peu d'importance et certainement les Seligmann Lui, les Beauvisage, les Serrulaz, les Burk, et tant d'autres n'eussent pas été envoyés dans l'Archipel Indien à la recherche de cette gomme résine considérée aujourd'hui comme indispensable aux transactions et à la vie internationale.

Découverte, au contraire, à un moment où l'électro-dynamique commençait à jouer un rôle déjà considérable, on s'aperçut bien vite des propriétés isolantes de la gutta, de sa plasticité extraordinaire, et enfin de son inaltérabilité dans l'eau, ou mieux encore dans l'eau salée, et c'est ainsi qu'on songea à appliquer la gutta à la confection des câbles télégraphiques (brevets W. H. Barlow et Th. Forster 1847 ; et E. W. Siemen, 23 avril 1850.) Weatston, qui, depuis 1837, songeait à relier télégraphiquement l'Angleterre au continent, avait entrevu les avantages que présentaient les fils recouverts de gutta-percha, mais son idée ne fut réalisée par Walter Breit qui, le 10 janvier 1849 à Folkstone, immergea le premier câble sous-marin de deux milles de longueur.

Entre temps, on se servit également de la gutta-percha pour la préparation des moules destinés à reproduire les dessins d'une délicatesse très fine par les procédés de la galvanoplastie. La résistance que la gutta présente aux acides fut également mise à profit pour la confection de récipients, entonnoirs et tubes dont l'usage s'est généralisé dans la fabrication des produits chimiques, dans la photo-

graphie et dans les laboratoires. L'art médical enfin y a trouvé un précieux auxiliaire pour la préparation d'un grand nombre d'appareils de chirurgie.

La gutta n'a donc fait que changer d'emploi ; mais, malgré que cette matière n'ait bientôt plus été employée qu'avec parcimonie et que le gaspillage immodéré des premières heures ait cessé, l'emploi n'en a pas moins pris une extension telle que les ressources limitées que nous offre sous ce rapport la nature semblaient devoir se tarir dans un avenir prochain. C'est à juste titre que tous les gouvernements des nations civilisées s'émurent de cet état de choses, d'autant plus que les indigènes de la Malaisie et de la Papouasie, plus avides d'un lucre immédiat que soucieux d'assurer l'avenir de leur production, n'ont cherché ni un mode de récolte rationnel ni une culture perfectionnée seuls susceptibles d'augmenter ou du moins de maintenir le chiffre primitif de la production annuelle. Abattant sans pitié les arbres producteurs, n'en extrayant que très imparfaitement le latex gummifère, ils firent le vide autour d'eux, à un tel point que si l'on regarde les prix pratiqués à la première heure et ceux payés actuellement pour une marchandise même inférieure, on est vraiment effrayé de la progression constante subie par le prix de la gutta. Mais n'anticipons pas : nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet si palpitant d'intérêt et nous aurons à étudier ce qui a été fait et ce qui reste à faire pour parer au danger d'un manque éventuel de la gutta.

L'intelligence des raisons pour lesquelles gouvernements, savants et industriels attachent tant d'importance à cette question sera d'ailleurs facilitée par l'étude des sources botaniques et des propriétés physiques et chimiques de cette matière. Mais, disons-le dès maintenant, cette étude est hérissée de difficultés : nous nous engageons dans un labyrinthe où d'autres plus compétents que nous se sont égarés irrémédiablement, et nous n'avons qu'une prétention : nous servir de leur expérience et de leurs pénibles efforts pour arriver enfin à jeter quelque lumière là où il semble que l'on ait pris plaisir à augmenter les ténèbres. Le Dr Beauvisage dans une brillante thèse inaugurale soutenue à Paris en février 1881 : *Contribution à l'étude de la gutta-percha*, avait pris comme devise ces vers de Lafontaine :

> D'abord il s'y prit mal, puis un peu mieux, puis bien,
> Puis enfin il n'y manqua rien. (Livre XII, f. IX.)

Nous n'espérons pas que dans notre travail *il ne manquera*

rien. Mais nous avons la ferme conviction que, nous aidan des nombreux travaux faits par nos devanciers nous auron contribué, nous aussi, autant que le permet l'état actu des connaissances acquises, à faire parler ce sphinx do Léon Brasse disait récemment que, « plus il étudiait gutta-percha au point de vue pratique, plus il y trouva d'obscurités. » (*Lumière électrique*, octobre 1892. V. 4 p. 51, 109, 160.)

CHAPITRE PREMIER

LA GUTTA-PERCHA — ORIGINES BOTANIQUES — HABITATS

e vue, la *gutta-percha* (*gummicum plasticum*), que
écrire *gueutta pertcha*, pour lui rendre sa véritable
n, est un produit végétal analogue au caoutchouc, tant
de formation dans la nature que par sa composition.
aoutchouc, elle provient du suc laiteux de certains
me lui, elle paraît essentiellement constituée par un
drogène où les deux éléments, carbone et hydrogène,
s dans une proportion assez semblable.
rrête la similitude et il est difficile de comprendre com-
pu si longtemps accoupler comme à plaisir ces deux
lissemblables dans leurs propriétés. Ces propriétés si
ifférentes ont été admirablement caractérisées par
dans sa thèse inaugurale que nous avons déjà eu si
asion de mettre à contribution.
tchouc, dit-il, est un corps essentiellement élastique,
eu susceptible, à l'état naturel, de garder d'une manière
es changements de forme que lui fait subir une action
gissant sur lui, tandis que la gutta-percha peut garder
ents de forme obtenus par des actions du même genre
elle.
tion de la chaleur, le caoutchouc naturel, c'est-à-dire
ubi l'action du soufre, se ramollit bien et devient plus
ais il garde son élasticité si la chaleur ne dépasse pas
ites au-delà desquelles il perd ses propriétés et, consé-
il est altéré profondément non seulement dans ses
ysiques, mais encore dans ses propriétés chimiques ;
a gutta-percha devient, sous l'action d'une chaleur
ne dépasse pas 100°C, par exemple dans l'eau bouillante,
éminemment plastique et malléable, susceptible de
refroidissant les aspects et les formes qui lui ont été
u'elle était portée à cette température. »
premiers caractères peuvent se traduire nettement par
ins dont la science a désigné les deux matières diffé-
nant au caoutchouc le nom de *gummicum elasticum*
percha le nom de *gummicum plasticum*.
s l'action simultanée de l'air, de la chaleur ménagée et
caoutchouc perd peu à peu ses propriétés et se trans-
matière collante et visqueuse plus ou moins fluide,

tandis que, dans les mêmes conditions, la gutta-percha se comporte tout autrement et donne naissance à une matière cassante et résineuse. Ces transformations sont, à la vérité, plus ou moins longues à se produire suivant les différentes sortes et suivant les conditions dans lesquelles se trouve la matière. L'eau et une basse température retardent ces changements d'état dans les deux produits.

D'après les nombreuses observations faites, c'est peut-être dans ces caractères qu'existe la plus profonde différence entre les deux matières que nous cherchons à distinguer l'une de l'autre.

Une autre distinction d'une importance capitale est celle qui s'impose lorsqu'on veut faire subir à ces deux matières l'action du soufre. Si l'on essaie de combiner le caoutchouc au soufre, on arrive assez facilement à obtenir une matière homogène et élastique gardant aux diverses températures, du moment qu'elles ne dépassent pas 150°C, les mêmes propriétés qu'à la température ordinaire ; tandis que si l'on tente de combiner directement la gutta-percha au soufre, on ne peut réussir, malgré toutes les précautions que l'on peut prendre ; et de plus, si l'on cherche à combiner au soufre un mélange intime de gutta-percha et de caoutchouc, on arrive à des résultats plus ou moins négatifs suivant que la gutta-percha entre dans le mélange dans une proportion plus ou moins grande. Lorsque la gutta entre dans le mélange avec le caoutchouc pour une proportion plus considérable que 10 °/₀ on ne peut plus réussir du tout, et l'on n'obtient plus alors à la vulcanisation que des produits présentant à la surface et lorsqu'on en fait une coupe, de nombreuses boursouflures : dans l'industrie on dit que le mélange pique à la vulcanisation.

Enfin les propriétés diélectriques des deux substances sont loin d'être les mêmes et c'est là encore une des raisons pour lesquelles il convient de ne pas confondre la gomme élastique avec la gomme plastique.

Nous avons tenu à établir de suite ces caractères si tranchés, qui différencient essentiellement les deux produits : ils s'expliquent d'ailleurs, comme nous le verrons par la suite, par les origines botaniques des végétaux producteurs aussi bien que par la nature du latex sécrété. Mais, avant d'aller plus loin dans cette étude, il est indispensable de bien nous fixer sur la valeur du terme gutta-percha.

Ici encore nous nous trouvons en présence, non pas de propriétés différentes, mais de données fournies par les savants, les explorateurs et les industriels, lesquelles n'ont rien de commun avec celles que nous possédons sur les origines botaniques du caoutchouc.

En effet, tandis que tout le monde est d'accord pour reconnaître que ce sont les heveas qui fournissent le caoutchouc Para, c'est-à-dire le prototype de l'espèce, tout est obscurité et contradiction lorsqu'il s'agit d'établir les origines botaniques de la gutta-percha commerciale, et il semblerait que l'on ait pris un malin plaisir à embrouiller la question plutôt que d'y apporter quelque clarté et quelque méthode.

En 1881, après quarante années de recherches et de discussions, le Dr Beauvisage s'exprimait ainsi à ce sujet : « Tandis que les Malais

ırchaient à se procurer n'importe où et n'importe comment, ns leurs forêts, des produits qui puissent être vendus sous le n de gutta-percha aux commerçants chinois qui se chargent de vendre aux Européens » (non sans les avoir falsifiés aupa- nt, bien entendu) « ceux-ci entreprenaient de leur côté d'autres cherches. Les industriels, les négociants, les voyageurs, les vants et même les gouvernements se préoccupaient de savoir on ne pourrait pas trouver des sources de gutta-percha, soit ıs d'autres régions de la zône intertropicale, soit dans d'autres ıres appartenant ou non à la famille des Sapotacées et qui uraient pas encore été étudiés à ce point de vue.

Cette période de recherches dure encore actuellement. Les ultats que la science a pu recueillir dans les diverses parties monde sont très nombreux, mais très imparfaits et n'ont pas, qu'à ce jour, donné les résultats pratiques qu'on aurait pu en endre.

Les savants ont découvert dans l'Archipel indien, l'Indo-Chine, indoustan, l'Afrique tropicale, les Guyanes, le Brésil, etc., des ıres dont le suc pouvait donner une gutta-percha bonne, diocre ou mauvaise ; ils ont déterminé avec plus ou moins de n et d'exactitude les propriétés physiques et chimiques de ces duits divers, et leur tâche s'est arrêtée là.

D'autre part, les industriels ont continué à recevoir les stances les plus diverses par l'intermédiaire de nombreux nmerçants civilisés ou sauvages qui ne pouvaient pas ou ne *laient pas* » (dans un but aisé à comprendre si l'on veut bien échir) « donner d'indications exactes sur l'origine botanique, nême sur l'origine géographique précise de ces produits. La ersité de ceux-ci est telle qu'il ne paraît pas possible de déter- er les propriétés qu'on doit reconnaître à la substance désignée s tel ou tel nom commercial.

« Toute tentative pour remonter le courant commercial est olument vaine ; il faut donc, pour éclaircir la question, suivre autre voie et s'efforcer de reconnaître au lieu d'arrivée les duits dont l'origine et les propriétés ont pu être bien étudiés à point de départ.

C'est ce que j'ai essayé de faire : c'est à quoi je n'ai nullement ssi. Le succès d'une pareille tentative ne me paraît pas impos- e à obtenir ; mais j'estime qu'il nécessite de longues années de ıerches approfondies et la collaboration d'un grand nombre personnes à la fois éclairées et *désintéressées.* »

qui était une difficulté presqu'insurmontable pour le Dr Beau- e, en 1881, l'est un peu moins aujourd'hui, grâce aux travaux ıeulement de Beauvisage lui-même et de ses prédécesseurs s Montgomery, c'est-à-dire de Lobb, Bentham, Hooker, , Wight, de Vriese, Burck, Pierre, Seligmann-Lui, Brau de -Paul et Serrulaz, mais encore et surtout grâce aux travaux ouvertes de MM. Heckel, Schlagdenhaufen, Jungfleisch et de asse.

st ce dernier surtout qui, dans une étude fort remarquable

publiée dans *La lumière électrique* (voir *Bibliographie*), est enfin parvenu à mettre quelqu'ordre dans la classification des gutta-perchas du commerce et à permettre ainsi de remonter aux véritables origines botaniques des végétaux producteurs.

C'est Léon Brasse, qu'une longue pratique industrielle a initié aux véritables besoins de la fabrication, qui semble avoir le mieux compris la seule manière d'envisager la question et son travail peut se résumer en cette phrase caractéristique qui en fait ressortir toute la valeur pratique : « La question a été toujours mal posée : « *il n'y a pas une bonne espèce de gutta-percha, mais plusieurs* « *bonnes espèces qui répondent chacune à un but, et ce sont ces* « *espèces qu'il faut propager.* »

En posant ainsi la question, Léon Brasse n'a pas seulement indiqué le véritable chemin qu'il convenait de prendre pour l'élucidation d'un sujet si important et si obscur encore, mais il nous a encore fourni des documents précieux, les meilleurs en l'espèce connus à ce jour et nous n'hésitons pas à nous les approprier, mais non sans avoir au préalable rendu hommage à la science et au talent de l'écrivain. Il s'est d'ailleurs servi et aidé des recherches des savants que nous avons cités précédemment ; il a su les coordonner d'une manière telle, que vouloir faire mieux ne nous paraît pas facile en l'état actuel de nos connaissances.

Après avoir constaté qu'au commencement de la fabrication des câbles sous-marins les arbres étaient abondants, il explique qu'on n'employait que les bonnes qualités, on n'exploitait que les gros arbres, et pas du tout ceux qui ne donnaient qu'un produit inférieur. « Mais, dit-il, même alors, ainsi qu'on peut s'en assurer en examinant les produits conservés dans les collections, on employait déjà en mélange des gutta-perchas de diverses qualités. Ce qui le prouve c'est que les appareils employés à cette époque pour le nettoyage de la gomme-résine, appareils encore en usage aujourd'hui dans quelques fabriques, ne peuvent venir à bout d'épurer la gomme d'*Isonandra* si elle n'a préalablement été mélangée à des espèces plus plastiques.

« Plus tard les bonnes espèces devenant plus rares, on a été amené à introduire dans le mélange des espèces de plus en plus inférieures, et pour obtenir les bonnes qualités qu'on employait en moindre proportion, mais qu'il fallait quand même utiliser, on s'est adressé à des arbres à peine adultes. La production de la gutta-percha de 1re qualité est alors devenue tellement minime et et son prix si élevé qu'au congrès d'électricité de 1881, on reconnut la nécessité de se livrer à la culture rationnelle des guttiers. De là, la mission Seligmann-Lui qui visita la côte orientale de Sumatra et la côte occidentale de la péninsule malaise. Peu après, Wray explora l'État de Perak sur la côte occidentale et Burck étudia tous les guttifères de Sumatra. Depuis lors, Serrulaz tenta en plusieurs voyages de terminer l'œuvre de Seligmann-Lui et en 1871 il retrouva l'Issonandra Hooker dans le même ravin de Boukett-Timah où Lobb l'avait une première fois découvert en 1847.

« Ces missions tournaient dans le même cercle et partant concor-

daient passablement entre elles. Seligmann et Burck accordent la préférence au *Dichopsis oblongifolium* ; Wray, qui a exploré Perak, en a rapporté le *Dichopsis pustulatum* (Pierre) et Serrulaz, qui est resté dans les environs de Singapour, a retrouvé le *Dichopsis Gutta* ou *Issonandra Gutta.*

« Il est regrettable que les explorations aient été toutes dirigées sur les rives du détroit de Malacca, car la gutta que produit cette région n'est pas la meilleure de celles que nous employons et, en outre, *le rendement en gomme-résine d'un Isonandra est absolument misérable. Il doit y avoir d'autres producteurs donnant une gutta meilleure et plus abondante et c'est ce que Léon Brasse s'est proposé d'étudier.* Si l'industrie n'avait à sa disposition dans l'avenir que le suc des Dichopsis ou Palaquium gutta, oblongifolium ou pustulatum, il lui faudrait modifier ses procédés de fabrication et le résultat pourrait être tout autre que celui qu'on en espère ; tandis qu'en continuant à lui fournir les sortes qu'elle employait à l'origine avant que la disette ne l'ait poussé à se servir d'espèces de gutta-percha très inférieures, on pourra espérer que les câbles sous-marins futurs égaleront en durée ceux qui ont donné de si bons résultats. »

Nous n'entrerons pas dans les discussions, d'ailleurs fort byzantines, auxquelles se sont livrés nombre d'auteurs pour savoir si le mot *gutta-percha* est bien l'appellation qu'il convient de donner ou s'il convient de lui substituer celle de *gutta-taban* ou *tuban.* L'usage, à tort et à raison, a adopté le nom gutta-percha pour désigner la gomme plastique livrée à l'industrie par le commerce international : c'est donc à ce terme que nous nous arrêtons définitivement et il ne nous restera qu'à chercher au moment opportun s'il n'y a pas plusieurs variétés en l'espèce et s'il ne convient pas de donner à la matière chimiquement pure une désignation autre, susceptible de la distinguer du produit brut dont elle est tirée.

Nous ne nous arrêterons que peu pour élucider avec le Dr Serrulaz le véritable sens du terme gutta-percha ou pertcha. D'après ce savant, le mot gutta (guetah ou gueutta en langue malaise) n'aurait qu'un sens absolument général et voudrait dire gomme, et le mot gomme-gutte serait d'après lui un pléonasme. Le mot Pertcha ou Perfia, que les Français seuls prononcent percha, ne signifierait nullement comme l'ont prétendu tous les explorateurs, Sumatra : Sumatra en malais s'appelle Perna, c'est-à-dire le monde, la partie terrestre habitée, tandis que Pertcha signifie chiffon, lambeau d'étoffe (scraps des Anglais) et caractérise fort exactement des gommes qui, avant tout traitement dans l'eau chaude, présentent l'aspect des chiffons réduits en pâte et comprimés. Il ne serait donc pas étonnant que cette qualification, qui n'appartient pas au malais vulgaire, ait été employée non par l'indigène travaillant dans la forêt, mais bien plutôt par le négociant appartenant à une classe plus élevée de ces pays.

Nous accepterons cette opinion comme vraie ou tout au moins comme la plus vraisemblable et nous passerons outre.

Nous aborderons immédiatement *l'origine botanique de la gutta-*

percha ainsi que les questions qui se rattachent à *l'hab* *plantes guttifères*.

Mais, dès le premier pas, nous sommes frappés par cett larité que si la flore des climats tempérés contient un nombre de végétaux produisant, en quantités relativement il est vrai, le latex caoutchouquifère, que si les zônes tropi intertropicales limitées par les 30es de latitude nord et s les pays producteurs par excellence du caoutchouc industrie exploitable, il n'en est pas de même de la gutta-percha. Se zône extrêmement limitée que le lecteur peut se représenter p bande de terre teintée en grisaille sur notre carte de la zône chouquifère (voir 1re partie) et située entre le 3e degré de sud et le 5e degré de latitude nord convient aux végétation fères.

Ici encore nous avons à signaler un fait bien singulier. sait que le continent asiatique est séparé du continent océani logique par une faille sous-marine profonde au moins de tres longeant l'île de Sumatra, l'île de Java pour entrer détroit de Bali dans la mer de Java : là elle sépare nette Célèbes (continent australien) du groupe Bornéo (contine tique), contourne l'île de Bornéo pour se ramifier l'une vers Soulou, l'autre vers les îles Gilolo.

La faune comme la flore de chaque côté de cette faille s faitement distinctes : du côté australien on ne trouve ni miers arengani, ni le bois de tek, ni les fougères, ni les or ni les mousses de la flore javanaise ; il n'y a pas non tigres, ni autres félins et la plupart des oiseaux qui vivent bois de Bornéo, de Java et de Sumatra y sont inconnus. Il e même des végétaux aptes à fournir la véritable gutta-perch

Seule une étendue de terre fort limitée et appartenant vement au continent asiatique située entre le 112e et le 10 de longitude constitue la patrie véritable de l'arbre à gu carte ci-contre indique nettement la ligne de démarcation production spontanée et naturelle de la gutta-percha s'arrête carte n'est que la reproduction légèrement modifiée de c nexée au mémoire de M. Seligmann-Lui, ingénieur d graphes, et qui été publiée en 1883 dans les *Annales* *phiques* (N^{os} de septembre, octobre, novembre et décemb partie asiatique est la région productive de la gutta-perc le sens propre du mot.

Ce n'est pas à dire que les autres pays situés près de l'é et limités au nord aussi bien qu'au sud par les latitudes in plus haut ne soient pas susceptibles de fournir, sinon la gu cha proprement dite, mais du moins des gommes résines an Bien au contraire, et nous verrons dans la suite de cette ét c'est précisément dans ces parties délimitées du globe terr dans ces parties seulement que devra s'exercer la sagacité cheur pour remédier à la pénurie de plus en plus grand gutta-percha de la Malaisie et de la Papouasie.

Quoi qu'il en soit, comme c'est la famille des *Sapotac*

rnit la majeure partie des végétaux guttifères, nous ne croyons inutile de donner d'après Baillon la description botanique très amaire de cette famille des *Dicotylédonées gamopétales sapota-*. — Famille des dicotylédonées gamopétales, à fleurs régulières réceptacle convexe. La corolle y est généralement imbriquée lle porte 4 à 5 étamines fertiles superposées à ses divisions. On erve souvent, en outre, des staminodes alternes. Ceux-ci vent manquer et parfois aussi le nombre des étamines s'élève delà de celui des lobes du périanthe. L'ovaire supère est creusé à 5 loges, rarement plus, superposées aux sépales et renfernt chacune un ovule ascendant, à microphyle extérieur et rieur. Le fruit est une baie, et les graines ont souvent un long arge hile qui occupe une grande portion de leur bord interne, chant sur le reste de la surface de la semence qui est lisse et e. La graine ascendante a ou n'a pas d'albumen.

e sont des arbres ou arbustes des régions tropicales, riches dinaire en suc laiteux qui constituent souvent les gutta-percha. feuilles sont généralement alternes avec ou sans stipules et les rs sont solitaires ou en cymes souvent implantées sur le bois tiges.

n a souvent divisé cette famille en Bassiées (Illipées), Lucumées, nusopées, Bumeliées et Chrysophylées. [Ce dernier groupe ra peut-être disparaître (Pierre).]

armi les nombreuses tribus des Sapotacées, ce sont évidemnt celles appartenant au genre Dichopsis (ou Palaquium ou nandra) qui fournissent les plus nombreuses variétés d'arbres tifères et surtout les meilleures. Les seules réellement importes paraissent être :

e Dichopsis-gutta (Th. Lobb. Benth et Hook) *ou Palaquium-ta* (Burck) *ou Isonandra gutta.* (Serrulaz).

e Dichopsis oblongifolium (Beau visage, Burck) *ou Palaum oblongifolium* ou *Isonandra oblongifolia* (Brakude Saint-Lias, Teysmann).

itons encore *le Dichopsis ou Palaquium Borneense* de Teysnn, le *Dichopsis* ou *Palaquium Treubii* et sa variété *parvifolium* rck).

près le genre Dichopsis ou Palaquium vient le genre *Payena*, i des *Mimusops* et enfin celui *des Bassia.*

° *Dichopsis Gutta.*

Détails botaniques d'après Burck.) *Folia petiolata obovato-onga breviter acuminata, nervis secundariis in folii substann immersis* 20-30 *utrinque : Arbor elata, ramuli juniores rubigio-pubescentes. Folia modice petiolata, sub-coriacea, obovato-onga, supra viridia subtus aureo-nitentia, breviter acuminata, cent, longa, supra medio* 4/2 *cent. lata, basi in petiolum graci-* 1.5-2.5 *cent. longum attenuata, nervis lateralibus arcuatis, allelis subhorizontali-patentibus* 20-30 *utrinque in folii substann immersis via conspicuis. Alabastrum ellipsoïdeum. Flores llares, sæpius in axillis foliorum delapsorum fasciculati. Fascii* 2-6 *flori. Flores* 2mm *longi, pedunculati. Pedunculi* 3mm. *Calyx*

ellipsoïdeo-campanulatus, laciniis ovatis, aureo-nitidis, exterioribus coriaceis subvalvatis, interioribus tenuioribus. Corolla subrotata : tubo calicem vix superante, laciniis tubo æquilongis, lanceolo-ovatis v. elipticis, obtusis, patentibus. Stamina 12 biserialia. Filamenta æqualia filiformia laciniis corollæ æquilonga. Antheræ ovatæ, glabræ, acutæ. Ovarium subglobosum, pubescens. Stylus filiformis staminibus longior. Stigma obtusum. Bacca carnosa, ovoidea calycis laciniis suffulta fusco-tomentosa, 3,5 cent, longa, 2,5-3 cent. lata, pluribus loculis abortientibus obsoletis. Semina 1, 2, v. 3. ellipsoïdea vel a latere compressa testa crustacea nitida, nilo magno, seminis superficiei majorem partem obtegente.



Fig. 56. — Dichopsis Gutta (Palaquium-Gutta ; Isonandra-Gutta).

Burcke donne cette description parce que cette espèce n'a pu être jusqu'à présent exactement et complètement décrite, aucun savant n'en ayant vu ni les fruits ni les graines et d'un autre côté parce que le Dichopsis Gutta est une plante qui donne un produit d'excellente qualité et qui en raison de cela va être cultivée par le gouvernement néerlendais. A ces détails nous croyons utile d'ajouter ceux fournis par le professeur Baillon ou Dr Beauvisage.

Le groupe des jeunes boutons comprend 6 fleurs en cyme dichotonique, au milieu desquelles se voit une cicatrice qui paraît avoir

été laissée par la chute de la fleur de première génération. Cette inflorescence est accompagnée de bractées décussées.

Le calice est gamosépale et se compose de 3 divisions externes, coriaces, subvalvaires, et de 3 divisions internes, plus minces, imbriquées, alternes avec les précédentes. La corolle se compose de 6 divisions tordues, alternes avec les sépales très profondes, au point que la corolle est à peine gamopétale.

L'androcée comprend 12 étamines, qui paraissent devoir être toutes fertiles, autant qu'on peut juger dans une fleur aussi jeune. Malgré leur très petite dimension, on en reconnaît de deux grandeurs différentes. Les 6 plus grandes sont opposées aux divisions de la corolle; les 6 plus petites sont alternes avec les précédentes et avec les divisions de la corolle. Les anthères sont extorses.

L'ovaire est à 6 loges contenant chacune un ovale ascendant, incomplètement anatrope, à micropyle en bas et en dehors. Le style est creux, tronqué, puis conique au sommet.

Le fruit jeune est ovoïde conique. Autour de lui on voit les 6 sépales persistants. La graine jeune allongée, aiguë en haut, pourvue d'une enveloppe coriace, à l'intérieur de laquelle paraît se trouver un albumen visqueux.

Voici finalement, d'après Serrulaz (Académie des Sciences, 1890, p. 423-426), quelques détails complémentaires sur ce végétal qui, en définitive est comme nous l'avons déjà dit, le prototype de l'arbre à gutta-percha. Dans l'ordre chronologique c'est le premier végétal signalé comme producteur de la gomme résine plastique et d'un pouvoir diélectrique si considérable, et c'est lui qui paraît avoir joué dans l'histoire de la Gutta-Percha le même rôle que l'Hevee Guyanensis pour le caoutchouc. Tous deux connus et signalés dès l'abord comme fournissant l'un la gomme élastique, l'autre la gomme plastique par excellence, il sont négligés aujourd'hui par leur rareté comme aussi à cause de leur peu de rendement et l'un est remplacé dans l'exploitation industrielle par l'Hevea Brasiliensis, l'autre par le Dichopsis oblongifolium.

« L'Isonandra Gutta, à l'âge de 30 ans, c'est-à-dire à l'époque où « il devient adulte, a un tronc d'une hauteur de 13 à 14 mètres « jusqu'à la naissance des plus basses branches et une circonférence « qui est très régulièrement de $0^m,90$ à 2 mètres au dessus du sol; « ce tronc est d'ailleurs à peu près cylindrique. Les feuilles de l'ar- « bre jeune ont souvent jusqu'à 22-23 centimètres de longueur sur « une largeur de 7 centimètres dans leur partie médiane, tandis que « chez l'exemplaire devenu adulte ils n'ont plus que 11-12 centi- « mètres sur 4-5-6 centimètres. (La forme et les dimensions de la « feuille chez les Dichopsis varient même tellement suivant l'âge du « végétal et avec les parties de la plante que l'on considère, qu'il « n'est pas étonnant du grand nombre d'espèces introduites en bo- « tanique d'après des rameaux dépourvus d'éléments floraux et non « comparables entre eux). Le pétiole a une longueur variable entre « $1^{cm},75$ à $3^{cm}75$. Les fleurs sont de 13-14 millimètres et leur pédon- « cule de 46 à 7 millimètres. Le fruit offre dans les deux sens per- « pendiculaires, les dimensions moyennes de 3-3, 5 centimètres sur

« 2,5 à 5 centimètres et parfois 4 sur 3 à 3,5 centimètres. La graine « est en général de 1,8 à 1,2 centimètres. »

Dans les forêts malaises parcourues par Serrulaz durant 4 années, ce dernier n'a trouvé que 5 arbres susceptibles d'être confondus à première vue avec l'Isonandra Gutta d'après leur feuillage et en réalité par leur latex. Il n'y a pas de confusion possible avec les autres Dichopsis, qui en sont même séparés, eu égard à la qualité de la Gutta, par le Payena Lerii (Gutta Sundeck). Quand aux Gutta-Sundeck du commerce, Serrulaz les considère comme des mélanges complexes.

Le Dr Serrulaz a étudié l'Isonandra Gutta seul : pour lui c'est le végétal par excellence pouvant fournir la matière première pour la confection des câbles sous-marins et il considère les gommes des Bassia Parkii, des Mimusops balata comme ne pouvant donner que des résultats négatifs. Le Payena Lerii, selon lui, ne sert que comme matière apte à la falsification. Les seules gommes qui, selon Serrulaz, puissent convenir comme diélectriques dans l'âme des câbles sont secrétées par des arbres du genre Isonandra avec habitat exclusif dans la Malaisie. Mais laissons la parole à l'auteur tel qu'il s'exprimait dans sa communication à l'Académie des sciences le 15 septembre 1890 (p. 423-436) : « Les défrichements de la zone intéressante des forêts malaises marchent à grand pas ; l'indigène en coupant tous les arbres à peu près exploitables qu'il a rencontrés et en agissant de même vis-à-vis de leur repousses, c'est à dire en les empêchant de parvenir à l'état adulte, a pour ainsi dire supprimé, depuis une quarantaine d'années, leur reproduction et leur multiplication. Les gommes, telles que celles utilisées au début dans l'industrie, ne se trouvent plus qu'exceptionnellement, celles qui les ont remplacées auront le même sort avant une quinzaine d'années. Les exportations commencent à cesser de proche en proche dans les port malais. Les insuffisantes plantations entreprises dans les Indes néerlandaises ont fourni surtout, non des meilleures espèces, mais celles dont le latex est le plus abondant, c'est-à-dire des moins bonnes. La télégraphie sous-marine, en somme, est à la veille de se voir privée de celle qui lui est indispensable dans l'état de la science et l'origine de cette gutta est restée mal connue.

« Dans l'ordre chronologique, le premier végétal signalé comme producteur fut l'Isonandra Gutta (Hooker). Cet arbre, le seul dont le latex coagulé, envoyé en Europe en même temps que des spécimens commerciaux, ait reçu la sanction de la pratique, est demeuré incomplètement décrit. Il est noté comme une espèce éteinte depuis 1857 dans l'île de Singapore et qui n'existe plus dans les forêts malaises.

« En réalité, cette espèce est devenue fort rare, mais subsiste toujours. Les représentants adultes pullulaient encore en 1887 à Chasseriau-Estate, dans les ravins de Boukett-Timah (Collines d'étain) situés au centre de Singapore, où elle avait été découverte en 1847 par Thomas Lobb.

« Lorsque je l'ai retrouvé, en 1887, toute exploitation avait cessé depuis longtemps (30 ans) et l'extinction de son espèce était admise comme un fait accompli.

« Néanmoins, il y a trois ans à peine, dans les derniers lambeaux des anciennes forêts de cette île, des arbres de cette nature déjà adultes existaient encore, représentés surtout par des repousses. Il n'y existait qu'une variété d'une seule espèce d'arbre à Gutta-Percha qui concordait avec les spécimens, figurés dans la planche XVII du *London Journal of. Botany* t. VI, donnés par Hoocker de son Isonandra Gutta.



Fig. 57. — Palaquium oblongifolium (Palaquium oblongifolium).

2° *Dichopsis oblongifolium.*

(*Détails botaniques d'après Burcke*). *Folia petiolata v. lanceolato-oblonga longe acuminata, nervis lateralibus* 20-30 *utrinque in folii substantiam immersis* (*Isonandra gutta var. oblongifolia de Vriese, Isonandra gutta var. B. Sumatrana miq. Dichopsis nov. sp. Beauvisage*). *Arbor elata ; ramuli juniores rubiginoso-pubescentes. Folia modice petiolata oblonga v. lanceolato-oblonga subcoriacea, supra viridia subtus aureo-nitentia, longe acuminata ; folia juniora, reliquis majora usque ad* 22 *centim. longa,* 7,5 *centim. lata, basi in petiolem gracilem* 1,5-2,5 *centim. longum attenuata, nervis lateralibus arcuatis parallelis horizontali*

patentibus 20-30 *utrinque in folii substantiam immersis vix conspicuis.*

Alabastrum ovoïdeum. Flores axillares: sæpius in axillis foliorum delapsorum fasciculati. Fasciculi 1-6 *flori. Flores* 10 *millim. longi pedunculati.*

Pedunculi 1.5.-2 *millim. : Calyx ovideo-campanulatus, laciniis obtusis, ovatis, aureo-nitidis, interioribus tenuioribus. Corollæ tubus calycem superans, laciniæ lanceolatæ obtusæ patentes tubo sub æquilongæ.*

Stamina 12 *biserialia. Filamenta æqualia filiformia laciniis corollæ æquilonga. Antheræ glabræ ovatæ acutæ. Ovarium subglobosum pubescens. Stylus filiformis staminibus longior stigma obtusum. Bacca carnosa, ovoïdea rudimento styli coronata, calycis laciniis suffulta, fusco-tomentosa* 3,5-4 *centim. longa* 3-3,5 *centim. lata, pluribus loculis abortientibus obsoletis. Semina* 1. 2. *v.* 3 *ellipsoïdea v. a latere compressa testa crustacea, nitida, hilo magno seminis majorem partem superficiei obtegente.*

Signalé à Sumatra par Teysmann et Burck.
à Bornéo par » et Tromp.
à Riouw par »
à Malacca par Brau de St-Paul-Lias.

Sur la côte orientale de Sumatra, par Seligmann-Lui (sous le nom de Mayang Derrian).

Selon Léon Brasse, cet arbre donne le meilleur produit parmi tous les arbres à gutta trouvés dans les régions supérieures de Padang et cette gutta-percha est la meilleure de toutes les sortes rencontrées par les explorateurs. C'est aussi l'avis de Seligmann-Lui qui l'a trouvée sur le versant oriental de Sumatra et de Brau de St-Pol-Lias qui l'a rapportée de Perack (Malacca). On la trouve également à Bornéo (Pontianak Banjermassin). Le hameau Bloran (district Djambon Sumatra) possédait en 1884 77 de ces arbres, reste de 400 pieds plantés le 28 août 1856. Ces plants avaient été rapportés au nombre de 2000 de la côte occidentale de Bornéo le 3 mars 1856 et répartis entre les divers résidents. On ne sait ce que sont devenus les autres. Une plantation d'arbres de cette espèce avait été tentée à Bornéo. Elle n'avait pas réussi. C'est sur des montagnes de peu d'altitude ou des collines moins élevées hors d'atteinte des inondations que l'on trouve les plus beaux arbres ; ils croissent d'autant mieux que leur situation les expose moins à l'influence de l'eau stagnante.

Ce végétal est si peu sensible à l'influence d'une bonne station qu'il suffit d'un mauvais choix de terrain pour le faire périr; c'est ce qui est arrivé dans les plantations de Bornéo, placées sous l'inspection coloniale et confiées à des particuliers.

La gutta fournie par le Dichopsis oblongifolium est excellente sous le rapport de l'homogénéité et de la solidité. Débarrassée des parcelles d'écorce et de bois, elle devient très tenace, très élastique et peut se plier facilement sans se rompre. Plongée dans l'eau

chaude elle se pètrit, prend toutes les formes sans devenir gluante et reprend en se refroidissant sa solidité ordinaire. La couleur varie du rouge au brun foncé. Comme dans toutes les sortes de gutta-percha, le suc est d'un blanc laiteux quand il s'écoule et si on le conserve sans mélange. La couleur brune est due au mélange de parties corticales et ligneuses qui, pendant la cuisson et l'épuration de la gutta communiquent leur matière colorante au suc épaissi.

Le *Dichopsis Borneense*, le *Dichopsis Treubii*, le *Parvifolium* et le *Palaquium Vrieseanum* ne paraissent être que des variétés botaniques sans influence sur la nature de la gomme-résine plastique.

Le *Dichopsis calophylla* (Benth et Hook), qui ne semble être autre chose que le *Mayang Batou* de Seligmann-Lui et qui donne



Fig. 58. — Dichopsis Borneense (d'après Burcke).

une gutta plus claire et plus rouge que le Dichopsis oblongifolium, d'un tissu moins fin et peut-être aussi moins rigide, est caractérisé par Burcke de la manière suivante :

Folia petiolata, obovato-oblonga breviter et obtuse acuminata, nervis lateralibus 10-12 *prominentibus. Petiolus* 1-15 *centim.* (*seu Isonandra callophylla T. et B. Isonandra chrysonopta et costata de Vriese, Njato-dyangkar. in Hort. Bot. Bogor. Palaquium calophyllum Pierre*).

Arbor alta, ramulis junioribus aureo-tomentosis. Folia petiolata, coriacea, obovato-oblonga supra viridia subtus aureo-sericea breviter et obtuse acuminata 10-15 *centim. longum decurrentia, ner-*

vis costalibus 10-12 *utrinque patulis subtus prominentibus. Flores axillares fasciculati. Pedunculi* 20-25 *millim. longi, graciles reflexi. Calyx ovoïdeo-campanulatus laciniis ovatis obtusis. Corolla subrotata tubo calyce æquilongo, laciniis ovatis, acutis, patentibus tubo longioribus. Stamina* 12, *filamenta æqualia, filiformia, glabra corollæ laciniis æquilonga. Antheræ ovatæ, obtuse acuminatæ. Ovarium globosum aureo-pubescens. Stylus filiformis staminibus longior. Stigma obtuscum. Bacca carnosa, depresso-globosa, calycis persistentis laciniis suffulta, aureo-tomentosa* 2 1/2 *centim. lata,* 2 *centim. longa, longe pedunculata. Semen unicum subglobosum, tuta crustacea nitida, nilo magno.*



Fig. 59. — Dichopsis Treubii (d'après Burcke).

Le *Dichopsis selendit* ou *Mayang Korrik* de Seligmann-Lui, que les Malais appellent, selon Burcke, *Njatoeh selendit* et les habitants de Sumatra *Halaban*, donne une gutta très dure, impropre à la confection des câbles, mais parfaitement appropriée à entrer dans les mélanges industriels dont nous aurons à nous occuper plus tard. Le *majang Djerinjin et le majang Kartas* de Seligmann-Lui appartiennent à une variété presqu'identique : les gommes-résines qui en proviennent ont les qualités et les défauts du Dichopsis selendit.

Pour terminer, disons un mot du *Dichopsis Krantziana*, de Pierre, spécialement étudié par le Dr Beauvisage. Cet arbre, dont tous les caractères semblent le rapprocher de l'Isonandra-Gutta (Hooker et Serrulaz), et qui croît au *Cambodge*, où les indigènes l'appellent *Thior*, ainsi qu'en Cochinchine, où il est connu sous le nom de *Chay*, produit une gomme-résine tout à fait inférieure et ne peut servir tout au plus qu'à des mélanges industriels d'une valeur très contestable. Cette analogie botanique si frappante du Dichopsis Krantziana et de l'Isonanda-Gutta et la dissemblance surprenante des produits qu'ils secrètent, s'explique d'ailleurs par les différences de latitudes et justifie entièrement ce que nous disions au commencement de ce chapitre sur la zône étroite et limitée dans lesquelles est confinée la production de la gutta-percha possédant les qualités requises par la science et l'industrie.

Dichopsis pustulatum de Pierre. Cet arbre trouvé à Pérak vient très bien à Ceylan, où on le cultive comme producteur de Gutta. Nous n'avons pas d'autres renseignements à ce sujet et la chose n'a pas lieu de nous surprendre. Si la culture à Ceylan réussit (la latitude et le climat permettent d'ailleurs de le supposer) les Anglais s'en serviront aussi longtemps que possible sans en répandre la nouvelle. En gens pratiques ils garderont par devers eux le résultat de leurs essais et de leurs recherches : aux chercheurs des autres nations d'en faire autant et d'aller contrôler la véracité du fait sur place.

Le genre *Payena* ne fournit guère que le *Payena Lerii* comme arbre guttifère.

Nous donnons d'après Burcke les détails botaniques sur cette variété des Payena.

Folia e basi acuta ovalia v. ovali oblonga apice subito in acumen breve attenuata, nervis secundariis in folii substantiam immersis via conspicuis. Florum fasciculi axillares ad apices ramulorum conferti. (Azaola Lerii T. et B.; Keratophorus Lerii, Hassk, Ceratophorus Lererii, Miq.; Tuinbouwflora, de Vriese; Beauvisage).

Folia e basi acuta ovalia v. ovalia-oblonga apice subito in acumen breve attenuata, coriacea ; integerrima, margine subundulata, glabra supra lucida 5-10 *centim. longa,* 2, 5-4 *lata, nervo medio supra prominulo, subtus prominente, nervis costalibus fere in folii substantiam immersis vix conspicuis, rectis patentibus ad marginem fere percurrentibus ibique arcuatim unitis. Petiolus tenuis* 5-7 *millim. longus. Florum fasciculi ad apices ramulorum brevium conferti axillares sæpius ex axillis foliorum delapsorum* 4-8 *flori. Calycis laciniæ, rotundatæ, ovatæ aureo-sericcæ subæquilongæ, coriaceæ* 3 *millim. longæ. Corolla fere duplo longior extus et intus glabra, tubo* 2 *millim. longo, laciniis* 8 *oblongo-lanceolatis obtusis* 3 *millim. longis. Stamina* 16 *; filamenta antheras subæquilonga glabra, antheræ ovatæ basi cordatæ connectivo adpresse-ferrugineo-piloso, supra loculos producto et apice penicellato. Ovarium conicum pilis dense obtectum* 10-12 *loculare. Stylus longe exsertus. Fructus carnosi obovato-oblongi,*

conici, medio scepius leviter curvati 3-4 centim. longi, styli rudimento apiculati. Semen unicum fereti-oblongum 18-25 mil. longum, hilo oblongo-laterali; testa coriacea nitida, fusca; albumen copiosum, albidum, corneum embryonem includens ejusdem longitudinis; cotyledones carnosa, applicativæ, radicula teres.

(A Sumatra, à Banca, à Bornéo, à Rioun, à Ambon.)

M. Beauvisage a fait l'analyse d'une plante trouvée par Brau de St-Pol Lias dans la presqu'île de Malacca et envoyée par lui au



Fig. 60. — Payena Lerii (d'après Burcke).

musée de Paris. Ce savant conclut de son analyse que la Gutta-Sundek n'est autre que le Kératophorus Lerii de Hasskand. Sans aucun doute, la presqu'île de Malacca doit être regardée comme un des habitats du Payena Lerii, un des principaux producteurs de Gutta-percha et dont la gomme résine est très répandue dans le commerce. Quant à l'*Isonandre Benjamina* de Vriese, elle n'est autre, selon Burck que le Payena Lerii. De Vriese, après une description assez courte de la plante, ajoute que les feuilles épaisses et coriaces sont comme couvertes d'un vernis, que la plante produit

une superbe gutta rouge qui ressemble beaucoup à celle du véritable *Ngiatoeh Merah*.

Les noms indigènes de la gutta-percha recueillie du Payena Lerii sont *Ngiatoeh balam bringin* sur la côte occidentale de Sumatra, *Sandaï, Suntaï*, à Sonpayang, *Sundeck, Sundeh, Sundi* sur la côte orientale du Sumatra (Seligmann-L.).

Quant à la gutta *Souni* que l'on a souvent confondue avec la gutta du Payena, elle n'est qu'un mélange de plusieurs gommes, résines d'origine botanique différentes.

Les Payena Lerii se rencontrent sur les plateaux supérieurs de Padang (Sumatra) et aussi dans d'autres endroits de Sumatra, à Banca, à Riouw, à Amboine et à Malacca ; ils sont assez rares à Assaham (Sumatra), abondants à Siak (id). On mélange souvent la gutta percha qui en provient avec le *Bouha-balam*, qui fournit une matière très inférieure.

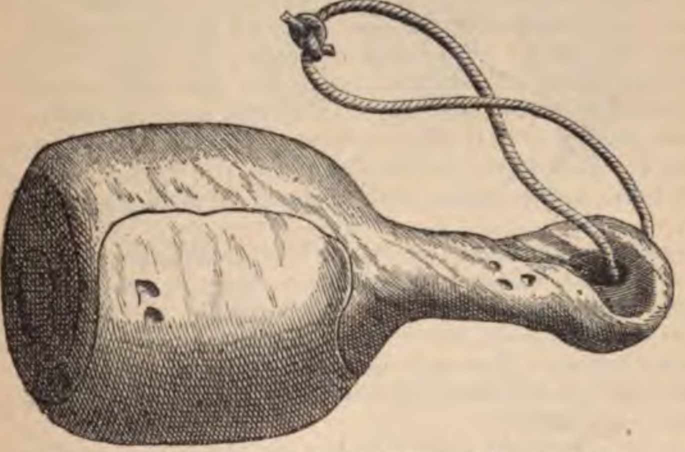


Fig. 61. — Pain de Gutta Sundek (d'après le Dr Beauvisage).

La zone de culture des Payena Lerii va du bord de la mer jusqu'à une altitude de 150 mètres, où on commence à rencontrer le Dichopsis oblongifolium. Le Payena Lerii partage avec l'arbre à Bouha-Balam les terrains bas ; le Payena préfère les terrains secs, l'autre est plus abondant dans les parties marécageuses. Le nom de *Bringin* que porte quelquefois le Payena provient de la ressemblance de sa feuille avec celle du *Waringin* (Urostigma Benjaminum).

Le genre *Mimusops* fournit comme guttifères le *Mimusops Balata*, le *Mimusops globosa* et le *Mimusops Chimpperi et Kummel*.

Nous donnons d'après le Dr Martin (flora brasiliensis) les détails botaniques connus du *Mimusops Balata*.

Mimusops Balata (Guertin) paraît être le même végétal que le *Mimusops Balata* (Blume), l'*Achras Balata* (Anblet), le *Lucuma mammosa* (de Vriese), et le *Sapota Mulleri* (Blume). — *Glabra,*

foliis ovatis obovatis ovato vel obovato oblongis obtusis vel rotundatis, basi subacutis ; pedicellis fasciculatis petiolum subæquantibus ; lobis calycinis exterioribus 3 glabris vel minute fusco-puberulis, interioribus albido-velutinis, corollæ lobis sub anthesi reflexis, staminibus sterilibus ligulatis subintegris, antheris spiculatis ovario 6–10-gono locularique ; bacca globulosa rotundato 6–10-gona.

Rami crassi validi nodosi, cum ramulis teretibus crebre lenticellosis cortice obducti sordide fusco. Folia 3 1/2-8 poll. longa, 1 1/4 à 3 1/2 poll. lata coriacea, supra glaberrima, fuscentia, subtus rufo-fusca ut plurimum glabrata, hic inde lepidote-albentisubsericea, pilis minimis in pelliculam contiguam arctissime complicatis ; costa centralis supra sulcata subtus semicylindrica, valida, costulæ striiformes tenerrimæ, densissimæ vix conspicuæ. Petiolus pollicaris vel longior, subteres. Stipulæ 2 lix. lg. lanceolatæ.

Florum fasciculi 10-20-flori. Pedicelli teretes sursum subincrassati, crebre lenticellis linearibus flavicantibus obsiti, glabri vel minute parceque puberuli, pilis sublente solum conspicuis, longitudinem petioli ut plurimum æquentes, nunc paullo longiores, nunc breviores. Calycis 3 lin. longi lobi 6 ovato-lanceolati acuti, sub anthesi refracto patentes v. subreflexi, intus glaberrimi fuscati, pube paginæ exterioris compositae pilis minimis stellatim fasciculatis. Corolla calycis longitudine vel paullo brevior, lobis lineari-lanceolatis, acutis, extus glabris, intus levissime parceque puberulis.

Filamenta staminum fertilium e basi subdilatata filiformi-subulata, antheris ellipticis basi cordatis subæquilonga, basi brevissime connata cum staminibus sterilibus dimidio brevioribus ovatis, obtusis sub coriaceis. Pubes minuta et parca in antherarum dorso facieque interiore filamentorum staminiumque sterilium et annuli basalis (per coalitionem illorum nati). Ovarium stylusque glabra, fabrica congenerum.

Fructus globosus, apice paullulum depressus, rudimento styli apiculatus, vallibus levibus tot quot locula meridianaceis percursa, in sicco foliorum colore, cerasi magnitudine, elevationibus minutis scabratus ; pericarpio crasso coriaceo ; seminibus compluribus, rotundato-triangularibus, testa glaberrima lucida, pallide-ferruginea, area umbilicali parva, umbilico exserto. Albumen semini conforme, carnosum (sec. Gœrtuer album) in sicco rubescens. Embryo magnitudine albuminis, cotyledonibus foliaceis, sub pellucidis nervo centrali pluribusque lateralibus tenuioribus perensis ; rostello cylindrico, brevi, obtuso.

Habitat per Guyanam gallicam et anglicam in montibus Canuku, et ad ripas fluminis Barama, in Barbados et in aliis insulis antillensibus obvia : Teste Aublet ex insula Mauritii in Guyanam gallicam introducta est, ubi Bois de natte à feuille de poirier *vel* à petite feuille *dicitur. In Surinama vocatur* Bolletrie *v.* Bullet-tree *uti diversæ Sapoteæ.*

D'après Rousseau, le Vénézuela produit également la gomme balata extraite du *Mimusops Globosa* (de Gœrtner). Les indigènes

Guarani donnent à la gomme le nom de Mbea-r-ata et les Portugais le nom de *Purvio* ou *Purgua*. Nous croyons, d'après quelques échantillons, examinés qu'il n'y a pas grande différence à établir entre les deux produits et surtout que le Mimusops globosa peut se confondre avec le Mimusops elata. Quant au *Mimusops Schimperi et Kummel* ou *Mimusops d'Abyssinie*, les détails botaniques manquent complètement. Nous aurons l'occasion d'y revenir, lorsque nous traiterons de la composition chimique de la gutta-percha.

D'après José Saldanha da Gama, il y aurait d'autres sapotacées du Brésil susceptibles de fournir de la gutta-percha analogue à celle dite Balata.



Fig. 62. — Mimusops Balata (d'après Baillon).
1. Fleur entière et coupe longitudinale.
2. Graine » » .

Ce sont les plantes dont les noms suivent.

Mimusops elata	*Maçaranduba*
Lucumus gigantea	*Jàquà*
« *fissilis*	*Guaracuà*
« *lasciocarpa* . . .	*Abiarana*
« *laurifolia* . . .	*Guapeba vermelha*
« *procera*.	*Maçaranduba branca*.
Chrysophyllum ramiflorum.	*Oaca*
« « .	*Guaraità*

Mais la première de ces plantes paraît seule avoir été l'objet de quelques expériences au sujet des qualités de son produit, expériences qui ne semblent pas avoir donné de résultats très satisfaisants.

Parmi les *Bassia* nous fixerons notre attention toute spéciale sur le *Bassia Parkii* décrit par Ed. Heckel, professeur à la faculté de Sciences de Marseille (Nature 1885, 2e Sem. p. 325, 370, 405).

« Entre tous les Bassia, grands arbres indiens ou africains dont les graines donnent par expression des corps gras très utiles à l'industrie qui les nomme « Beurre d'Illipé », il en est un, qui, plus intéressant que ses congénères, est resté jusqu'ici ignoré au moins dans l'un de ses principaux produits (la gutta-percha), dont toute la valeur a été méconnue jusqu'à mes recherches. Je veux parler de celui, qui scientifiquement nommé Butyrospermum (Bassia) Parkii, Kotschy, est originaire d'Afrique où il porte les noms vulgaires de

Arbre de Karité, *Ghée* et dont le produit gras, de consistance butyracée, nous arrive sous le nom de *Beurre de Galam*, *beurre de Bambouh*, *beurre de Ghi*, ou mieux, *beurre de Karité*, et est utilisé de différentes façons dans l'économie domestique par tous les Africains équatoriaux.

☞ En raison de ce que, nominalement, tout au moins, le produit butyracé de cet arbre précieux établit un point de contact entre les deux règnes animal et végétal, j'ai pensé que déjà, à ce point de vue, son histoire présenterait un réel intérêt. Ici cet intérêt se



Fig. 63. — Port du Bassia Parkii (d'après Schweinfurth).

double de celui qui est propre à l'habitat spécial de la plante. Essentiellement africain, l'arbre à Karité appartient exclusivement à ce continent, objet actuel de nos convoitises les plus naturelles et des études les plus approfondies. Bien peu de travaux ont été publiés jusqu'à ce jour sur cette matière, en dehors de l'étude déjà bien ancienne que l'on doit à Guibourt, et plus récemment des recherches sommaires, mais intéressantes publiées par M. Baucher, pharmacien de la marine. Ces deux uniques travaux, malgré tout le mérite qui les caractérise, laissant subsister de graves er-

urs et des lacunes importantes dans l'histoire de ce végétal pré-
ux, il m'a paru indispensable d'en reprendre l'étude en même
nps que je m'efforçais de répandre le végétal sur les points les
s divers de la zone tropicale et en particulier dans nos colonies
nçaises.

Le Butyrospermum Parkii, Kotschy, est un bel arbre atteignant
hauteur de 30 à 40 pieds anglais (9 à 10 mètres), pourvu d'un
nc de 1m,50 à 1m,80 de diamètre ramifié comme un chêne et
nnant un suc laiteux abondant qui se coagule facilement (gutta-
rcha). Condensées au sommet des rameaux forts, glabres et ru-



Fig. 64. — Rameau et fruit du Bassia Parkii (d'après Baillon).

eux, les feuilles sont entières coriaces, pétiolées et stipulées. Pé-
les mesurant de 0m,05 à 0m,75, glabres, mais d'abord pubescents ;
pules lancéolés, subpersistants, environ 0m,012 de long, soyeux
r le dos; limbe oblong et lancéolé mesurant 0m,15 à 0m,20 de
ng et 0m,75 à 0m,10 de large, largement cunéiforme ou arrondi à
base, subcoriacé, glabre à la maturité sur la face supérieure, for-
nent pubescent en dessous, pourvu de 20 à 25 nervures primai-
s dressées et ouvertes.

Fleurs en ombelle naissant à l'aisselle des feuilles, au sommet
s rameaux ; pédoncules de 0m,012, à 0m,025 ou plus longs,

... dans leur jeune âge d'un duvet ferrugineux. ... coriace, avec un court tube et habituel- ... oblongs lancéolés, les 4 extérieurs recouverts ... ferrugineux dense. Corolle aussi longue que le tube et des segments oblongs, glabres et im- ... opposées aux segments de la corolle et insé- ... anthères oblongs, lancéolés, mesurant 0m,003, ... de la longueur des filets glabres et subulés; ... tant 4 pores.

... oblongs, pointus et dentés en scie sur leurs ... l'apparence de la fimbriation, plus courts ... avec les filets staminaux. Ovaire globu- ... loges, renfermant chacun un ovule anatrope; ... en longueur, quelquefois exsert, d'autrefois in- ... forme hétérostylée dimorphe). Fruit ellipsoïde ... mince et solide et habituellement une sim- ... de cotylédons très épais. Ce fruit est de la ... ordinaire, il est pourvu d'un sarcocarpe sa- ... excellent au goût. La graine est recouverte ... crustacé et d'une couleur marron qui abrite ... albumen, très volumineuse.

... encore sous le nom de Bassia Parkii. (De ... spermum Niloticum (Kotchy). Genre de Sapo- ... Illipier. (Bassia butyracia Roxburg). (Rameau ... Guinée supérieure, roy^{me} de Bambara où il a ... Mungo Parck dans la contrée, du Niger, à Nupe, ... (D'Ivring et Barter) dans le pays du Nil, le ... Djur, Kosanga, et les contrées des Niams-

... stations nous pouvons ajouter les suivantes ... est très connu dans la vallée du haut Niger ... du Baoulé et de leurs affluents; on en ren- ... forêts dans le Bélédonga, le Fouladougon, le ... etc. (Exploration du haut Niger par le ... Suivant Baucher (*Archives de médecine na-* ... 1883). Il croît spontanément dans les terrains ... ferrugineux, rocailleux et crevassés qu'on rencontre ... les plaines du haut Sénégal lorsqu'on fait route ... manière générale on peut dire qu'il existe dans ... supérieure du Niger, c'est-à-dire dans tout le pays ... anciennes possessions sénégalaises, avant notre ... Soudan. Il est surtout connu chez les Bambaras ... Bélédonga. On le signale également dans le Bomé ... Djallon où il est plus connu sous le nom de Karé. ... Ségou et Tombouctou.

... du Nil, Schweinfurth le signale chez les Bongos, ... Niams-Niams.

... que le Bassia Parki peut être classé au pre- ... de l'Isonandra dont il imite le produit à s'y mé-

us examinons la coupe d'un jeune rameau de ce végétal, nous que les vaisseaux laticifères *cl.* disposés en rangées circu-errées, sont situés au milieu du parenchyme cortical *pc* placé ne sous une zone tubéreuse peu épaisse *s.* Il est dès lors e les atteindre à l'aide d'un instrument tranchant quelcon-en est de même de la jeune tige ; mais vienne l'âge adulte, et ns le système caulinaire, soit dans les jeunes rameaux, il se a dans ce même tissu parenchymateux des forma-igneuses secondaires nombreuses, très rapprochées, dis-en cercle et composées d'un bois abondant très résistant, un liber *f* très réduit. Les productions, en raison de leur sement rapide, arrivent à se toucher presque et à former une e protectrice derrière laquelle sont abrités les vaisseaux du acculés contre le bois. Il devient alors difficile, sinon im-e, d'atteindre les canaux laticifères ; 'obtient-on que par une lésion profonde d'un instrument puissant une incision de donner issue à un lait abondant quand resse à des tiges ou à des rameaux adul-tte constitution anormale se trouve sans lans tous les Bassia, ce qui aurait pour uence de les rendre tous également ré-es à la pratique nécessaire de l'incision e. Toute la difficulté réside dans la né-de briser ou mieux de trancher cette e.



Fig. 65. — Bassia Parkii, coupe transversale d'un rameau jeune.

s.: Suber.— *p.c.* : Parenchyme cortical. — *c. l.* : Canaux laticifères. — *f. l.*: fibres libériennes. — *p.l.*: Parenchyme libérien.— *b.*: Bois.

résistance une fois vaincue, l'opéra-nne naissance à un lait épais, blanc, qui ifie assez facilement et qui, coagulé par le rocédé que pour la gutta, donne en der-ı un produit comparable à celui de l'Iso-.

termine l'énumération des diverses va-le Sapotacées connues susceptibles de e la gutta-percha industrielle.

est pas à dire que la question soit, dès à présent, suffisam-udiée pour qu'on puisse arrêter d'une manière définitive la liste otacées pouvant produire la gutta-percha ou une matière e : non-seulement les espèces connues n'ont pas été suffi-nt étudiées, mais nous ne connaissons que quelques espèces néo qui se trouvent dans les herbiers de Buitenzorg ou de mais qu'on n'a jamais encore rencontrées vivantes ; et tre côté, aucune espèce provenant du versant oriental de insule malaise et spécialement de l'Etat de Pahang n'a été examinée d'une manière complète.

est de même des espèces de l'Afrique équatoriale et de il faudra encore nombre d'années avant que nous puissions quelques données certaines sur les végétaux de ces régions, sus-es de fournir industriellement des gommes-résines plastiques.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES PRINCIPAU

Famille	Tribu	Variétés	Synonymes scientifiques	Synonymes locau
id.	id.	Payena macrophylla.	Kakosmanthus macrophyllus.	Getah Moendirig.
id.	Bassia.	Bassia Parkii.	Bassia Butyrospermum. » Niloticum. » Butyracea.	Arbre de Karité. Arbre de Ghi. Saga.
id.	Mimusops.	Mimusops Balata.	Mimusops Balata. Achras Balata. Lucuma mamosa. Sapota Mulleri. Higuerona. Mastota.	Arbre de natte[s] feuilles de poir[...] ou à petites feuill[...] Bullet-tree ou Bol[...] trie. Manyl-kara. Balata franc ou [...] gnant. Balata rouge. Balata du Galibis. Muirapiranga.
id.	Mimusops.	Mimusops globosa.	»	Purvio. Purgua. Mbea-r-ata(chose d[...] en Guarani.
id.	Mimusops.	Mimusops elacta.	»	Maçarandula. Apraiô.
id.	Mimusops.	Species.	»	Maparauba.
id.	Mimusops.	id.	Lucuma gigantea. » fissilis. » lastiocarpa. » laurifolia. » procera.	Jaquà. Garaquà. Abiaranà. Guapeba vermelh[...] Chanà ou Maçaran[...] blanca.
id.	Mimusops.	Mimusops sp. Mimusops speciosa. Mimusops Schimperi. » Kummel.	Mimusops d'Abyssinie.	Cafequesu. M. Bimo.
id.	Chrysophyllum.	Chrysophyllum ramiflorum. Chrysophyllum species.	»	Baca, Guaraità. Leitero de Mato.
id.	»	Achras Australis. Sano Manilla. Imbricaria coriacea.	»	»
Asclepiadées.	Cynanchum. Calotropis. Asclepias.	Cynanchum viminale. C. Gigantea. Asclepias acida.	»	»
Apocynées.	Alstonia.	Alstonia scolaris.	»	»
Euphorbiacées.	Euphorbia. Macaranga. Pedilanthus.	Euphorbia cattimando. » néréifolia. » tortillis. » tirucalli. Macaranga tormentosa. Pedilanthus tisthyma-	»	»

VÉGÉTAUX GUTTIFÈRES (*Suite*)

Botanistes et explorateurs	Habitats connus	Observations
De Vriese. Teysmann. Hasskarl. Miquel. Beauvisage. Burck.	Java (province de Bantam).	Qualité très inférieure à la précédente.
Linée. De Candolle. Roxburg. Kotschy. Guibourt. Baucner. Heckel et Schlagdenhaufen. Mongo-Parck. Gallieni. Schweinfurth.	Guinée supérieure. Roy de Bambara. Haut-Niger, Nil blanc, contrée des Niams-Niams, vallée Bakoy, Baoulé, le Beledougo, le Feladongo, le Mandiarg, le Guenickalaris, chez les Bougos.	Suivant Heckel, le Bassia, serait la plante guttifère africaine susceptible de pouvoir lutter un jour avec le Palaquium des îles de la Sonde.
Aublet. Gœrtner. D' Martin. Blume. De Vriese. Schomburgk. Santa-Anna de Nery. Biolley.	Guyanes française, anglaise, hollandaise (monts Canukut, rives de Barama Surinam. Barbades et Antilles. Brésil (Amazones). Costa Rica.	Tient le milieu entre le caoutchouc et la gutta-percha. Quoique son pouvoir spécifique se rapproche assez de celui de la gutta-percha, elle n'est pas assez ductile pour servir au revêtement des fils et ne peut être employée à cet effet que mélangée à de très bonnes guttas-perchas. Plus molle à la température ordinaire et ne durcit pas autant au refroidissement que la gutta-percha. La Balata diffère essentiellement de la gutta-percha, par la manière dont ces matières se comportent à l'air. Tandis que la gutta-percha exposée à l'air et à la lumière se transforme rapidement en une matière résineuse, dure et cassante, transformation qui finit à la longue par gagner toute la masse, la balata au contraire se maintient très longtemps sans changement sensible.
Gœrtner. Rousseau.	Vénézuela (province de Maturin)	Mêmes propriétés que la qualité précédente ; peut être confondue avec elle.
Bernardin da Silva Continho.	Brésil. Vénézuela (Inirido et Guaviare).	Peut être range dans la série des caoutchoucs gutteux ; est plus dur que le M. Balata.
»	Brésil.	Comme ci-dessus.
»	Brésil.	Toutes ces espèces peu connues, peu abondantes, demandent à être mieux étudiées, avant qu'il soit possible de procéder à un classement tant soit peu satisfaisant. Espèce étudiée plus spécialement par Heckel et Schlagdenhaufen.
»	Angola. Gabon. Abyssinie.	id.
»	Brésil. Niger.	id.
»	Queensland. Nouvelle Galle du Sud. Madagascar. Ile Maurice.	id.
»	Inde anglaise.	Espèces qui peuvent être rangées dans la série des caoutchoucs gutteux. Peu étudiés d'ailleurs.
»	id.	id.
»	Inde et Cap.	id.

Il ne nous reste plus qu'à signaler à titre documentaire les quelques végétaux appartenant à d'autres familles que les sapotacées et qui à tort et à raison sont réputés guttifères. Nous ne les considérons d'ailleurs que comme plantes caoutchouquifères donnant une gomme moins nerveuse et moins élastique, mais non comme des végétaux guttifères :

Asclépiadées	
Cynanchum viminale	Hindoustan
Calotropis gigantea	»
Asclepias acida	»
Apocynées	»
Alstonia scolaris	»
Euphorbiacées	»
Euphorbia cattimandoo	Hindoustan et Cap.
» nereifolia	»
» tortillis	»
» tirucalli	»
Macaranga tomentosa	»
Pedilanthus tithymaloïdes	»

Pour terminer, nous donnons dans les tableaux (voir p. 342 et s.) la nomenclature des principales variétés des espèces guttifères ou réputées telles, tout en admettant avec M. Serrulaz que cette longue liste ne provient probablement que de ce que la forme et la dimension des feuilles varient énormément suivant l'âge du végétal et avec les parties de la plante que l'on considère, et que grand nombre d'espèces introduites en botanique d'après des rameaux dépourvus d'éléments floraux et non comparables entre eux disparaîtront au fur et à mesure que les observations auront été plus souvent contrôlées sur place sur un végétal en plein développement.

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE — ASSOLEMENT — CULTURE RATIONNELLE

Si nous avons pu donner avec *certitude* quelques renseignements précis sur la climatologie qui régit la végétation des arbres gummifères produisant le caoutchouc commercial, il n'en est pas de même pour les végétaux guttifères. Comment en serait-il d'ailleurs autrement, puisqu'aujourd'hui encore personne n'est pour ainsi dire d'accord sur la plante produisant la meilleure gutta-percha industrielle, pas plus que sur les pays producteurs.

Seligmann-Lui est pour ainsi dire le seul qui, dans son étude sur les guttifères de Sumatra, ait tenté un essai sur la climatologie des mayangs (arbres) à gutta-percha. Jusqu'à preuve du contraire, nous pencherions volontiers vers les idées émises à cet égard par cet ingénieur des télégraphes français et nous croyons intéressant de reproduire intégralement cette partie de son travail. « Les îles de la Sonde d'origine éruptive avec encore plusieurs volcans en pleine activité présentent, en raison de cette activité, deux sortes de terrains bien distincts. Au centre se trouve une région montagneuse quelquefois très élevée : les rivières recevant à l'époque des pluies une masse d'eau énorme, descendent avec impétuosité, ravinent profondément les berges des vallées supérieures et se chargent d'une quantité considérable de limon qu'elles déposent plus loin lorsque leur cours est plus ralenti. Ainsi se forme au pied des montagnes une ceinture de terres basses qui s'élargit tous les jours et qui en dessous de la surface de la mer se prolonge par des bancs jusqu'à une grande distance de la côte. De ces alluvions, les plus récentes sont encore noyées à demi : leurs formes, leurs dispositions se modifient chaque jour et cet inextricable dédale d'îlots vaseux et mouvants disparaît sous le feuillage des palétuviers et des palmiers d'eau. Au delà, des dépôts plus anciens, déjà desséchés par le soleil forment un sol ferme mais absolument plat, peu élevé et souvent inondé par les crues des rivières. Dans ces parties très fertiles se trouvent les établissements des populations malaises qui ont commencé quelques défrichements. C'est là aussi que les Européens ont ouvert quelques plantations et cultivent le tabac à Delli et à Langkat, la cannelle et le manioc à Benkalis, la canne à sucre, le café et le poivre à Palembang et la côte occidentale. Plus haut, enfin, dès que les premiers mouvements du sol encaissent les rivières dans des vallées plus profondes et empêchent les débordements, dès que, par suite, les terrains rocheux commencent à émerger des

couches épaisses des terrains de transports, on entre dans la région des grandes forêts : c'est là que, sur des bancs de grès recouverts d'un humus peu profond, se rencontrent les *mayangs* (arbres guttiers) : de nombreux ruisseaux qui ne tarissent pas pendant la saison sèche et des pluies fréquentes réparties sur toute l'étendue de l'année conservent la fraîcheur et l'humidité du sol. L'altitude est trop faible encore pour que la température soit sensiblement abaissée et à la côte la moyenne des mois les moins chauds de l'année ne descend pas au-dessous de 25°. Que ces conditions de sol et de climat soient les seules qui conviennent aux mayangs (palaquium et payena), sans doute, je n'oserai l'affirmer ; tout ce que je puis dire c'est qu'il en est ainsi là où j'ai vu de ces arbres et c'est également là que Murton les a rencontrés avant moi ».

Les considérations développées précédemment au sujet de la distribution géographique des mayangs n'ont pas laissé d'illusions aux véritables explorateurs des pays guttifères : ils n'ont pu trouver ces végétaux à l'état sauvage au-delà de la zone que nous avons tracée tout autour du planisphère dans la limite des degrés indiqués ; tous ont considéré les recherches de M. Pierre en Cochinchine et au Cambodge comme vaines sous ce rapport.

Le *Thior* n'est en définitive qu'un caoutchouc de mauvaise qualité et ne peut aucunement être considéré comme une gutta-percha même inférieure. Les plantes sur lesquelles le même auteur avait appelé l'attention ne répondent aucunement aux espèces de Sumatra.

Seligmann-Lui ayant appris à Bangkok qu'un Anglais au service du Siam avait rapporté de la gutta-percha d'un voyage aux environs de Pré-Tcha-Bouri situé au fond du golfe de Siam, sur la côte occidentale vers le 13° de latitude nord, cet ingénieur constata que la gomme en question n'était autre que le Bornéo-rubber qui se trouve également en Birmanie du côté de Pégu. Le second roi qui s'occupe tout spécialement de ces matières, affirme d'ailleurs que la gutta-percha existe à Trigano, mais pas plus haut.

Rien d'étonnant que les *difficultés d'acclimatation des mayangs* soient presqu'insurmontables dans toute autre zone que celle tracée précédemment, et si nous ne voulons parler que des localités placées dans la sphère d'influence française, nous y trouvons d'abord des obstacles locaux, comme la tourmente des vents dans les montagnes de Kamchay, puis des obstacles généraux comme la nature même des pays. Seligmann-Lui l'a fort bien remarqué : la zone naturelle d'habitat est limitée au 5° degré de latitude nord environ et nos possessions sont situées par delà de la dixième parallèle. Il y a encore la différence de climat entre nos établissements et les îles de la Sonde. A Java et à Sumatra, près des côtes, la température moyenne de l'hiver ne descend pas au-dessous de 25°C tandis qu'à Saïgon elle est de 22°, c'est-à-dire plus froide. Cette différence est bien plus sensible pour la région des pluies. Dans l'archipel malais, l'épaisseur des pluies dépasse annuellement 2 mètres, tandis qu'en Cochinchine elle varie entre 1 à 2 mètres. Les pluies sont d'ailleurs réparties d'une autre manière : en Malaisie il n'y a pas, à propre-

ment parler, de saison sèche, et après l'hivernage, pendant lequel règnent les pluies périodiques, annoncées par la mousson du SO, de fréquentes averses viennent constamment rafraîchir le sol. Au contraire, en Cochinchine et au Cambodge, après une saison d'orages journaliers, on en traverse une autre d'une sécheresse absolue. Les arbres transplantés sur un sol, sous un climat qui n'est pas celui qui leur convient périront, ou bien, maladifs et dégénérés, ils végéteront, ne donnant qu'un produit d'une qualité inférieure.

A ces difficultés dans les essais d'acclimatation des arbres guttifères et qui cependant ne nous paraissent pas insurmontables à la condition que les essais se fassent dans la limite territoriale étroite déjà mentionnée par nous, viennent s'en joindre d'autres bien grandes également, et pour bien les comprendre nous devons anticiper et toucher quelque peu aux diverses espèces commerciales connues, et reconnaître avec Seligmann-Lui que ce ne sont pas seulement *les propriétés électriques* ou les *qualités plastiques* qui caractérisent une bonne gutta-percha, mais *aussi son inaltérabilité*. Depuis l'époque où ont été construits les premiers câbles on s'est attaché à accroître l'isolement ; par divers procédés, par un mélange de diverses espèces on est parvenu à développer cette propriété bien au-delà du nécessaire. Mais de ces matières travaillées, combien sont durables comme l'étaient les produits purs et de qualité supérieure employés primitivement ? Quels que soient donc les résultats obtenus au laboratoire, on devra tenir un grand compte de cet élément si important, l'expérience acquise. Si une gomme nouvelle paraît présenter des avantages, sans doute il en faudra tenter la culture, mais à titre d'essai seulement tant que cette gomme-résine n'aura pas fait ses preuves d'une manière décisive ; par contre, les substances dont la valeur aura été constatée depuis longtemps peuvent et doivent inspirer une toute autre confiance.

Au premier rang de ces dernières, Seligmann place la *gutta-derrian ou taban*. Blanche lorsqu'elle est pure, cette matière est généralement teintée en rouge brun par des substances étrangères ; elle offre à l'œil toutes les apparences d'une bonne gutta-percha. C'est elle qui est de beaucoup la plus recherchée sur le marché et c'est elle sans doute qui a été exploitée en premier lieu. On s'est rejeté sur les autres espèces lorsque celle-ci est devenue rare. Toujours d'après le même auteur, le second rang appartiendrait à la *gutta-sundek* et la *gutta-batou*, d'accord en cela aussi avec les tendances commerciales. La gutta-sundek présente une masse blanche compacte dont la coupure lisse et brillante a l'aspect de l'ivoire. Généralement, les matières mises en vente ont une couleur rougeâtre, due au mélange de la gutta-percha proprement dite provenant du latex qui circule entre l'écorce et le bois et d'un suc colorant rouge qui s'écoule du tissu cortical extérieur. Cette gutta-percha paraît moins plastique que la derrian. La gutta-batou, de couleur plus claire et plus rouge que la derrian a un tissu moins fin ; peut-être aussi est-elle plus rigide.

Les *guttas-belouk* et *gapouk*, confondues dans le commerce sous le nom de *gutta-pouteh* (blanche) sont peu estimées ; elles offrent,

en effet, un caractère qui les rapproche de la *gutta dite bouhâ-balam*, cette matière sans valeur qui provient des îles basses et des terrains marécageux : c'est de devenir friables et pulvérulentes au bout d'un temps relativement court. Les études ultérieures consciencieusement et intelligemment entreprises pourront faire voir si cette transformation est un simple changement physique ou si les phénomènes d'oxydation ou de résinification observés sur toutes les guttas-perchas anciennes se produisent plus rapidement sur ces deux espèces ; elle montreront si les procédés de cuisson dont nous aurons à parler ultérieurement sont susceptibles de prévenir ou de retarder ces phénomènes ou s'il faut décidément renoncer à l'emploi de ces matières au moins, pour les usages télégraphiques, en raison de leur peu de durée. Dans ce dernier cas, elles trouveront néanmoins leur emploi dans certaines industries pour lesquelles le bas prix compensera la prompte détérioration, comme par exemple dans la préparation des moules galvanoplastiques.

De ce qui précède nous devrions conclure que le mayang produisant le latex de la gutta-derrian pourrait au moins servir aux essais de culture rationnelle et de transplantation. Ce que valent les autres espèces, on le saura lorsque des études longues et délicates auront éclairci la question, et pour arriver à cette élucidation on ne devra pas seulement examiner les propriétés électriques, l'isolement, le pouvoir inducteur spécifique, mais tous les autres caractères physiques et chimiques : si la gomme est élastique, comment elle se comporte à la chaleur, à quelle température elle se ramollit, quelle consistance elle reprend après avoir été fondue, comment elle résiste aux agents d'oxydation, si elle est perméable à l'eau sous pression, etc., etc. Et quand la réponse à tant de questions aura été favorable, quand une épreuve prolongée aura joint à tous ces témoignages celui de l'expérience, alors seulement il sera temps de répondre et de propager la nouvelle culture. Obtiendra-t-on, à la suite de ces études, des résultats meilleurs que ceux que donne la gutta-derrian? La chose est possible ; mais si aux 15 à 20 ans minimum nécessaires pour qu'une plantation donne ses premiers produits, on ajoute autant d'années qu'il faudra pour que l'épreuve de durée puisse être concluante, on reporte à 30 à 40 ans toute conclusion.

Comme on le voit, la question de culture et d'assolement de la gutta est longue, difficile et nombre d'années se passeront encore avant que la science puisse se prononcer nettement à ce sujet. Tout ce que nous pouvons affirmer en l'état actuel, c'est que les Anglais, toujours si pratiques pour tout ce qui concerne leurs intérêts commerciaux et industriels, ont déjà depuis longtemps entrepris ces essais : choisissant l'île de Ceylan comme champ d'expériences, ils se trouvent dans les limites territoriales possibles de réussite et si, de notre côté, les essais de M. Pierre n'ont pas chance de donner quelques résultats, c'est à la zone choisie seule qu'il faudra attribuer l'insuccès. Que ces mêmes essais soient repris dans la ligne plus rapprochée de l'équateur de nos nouvelles possessions africaines et nous sommes persuadés que nous aussi nous serons en possession d'un marché national de véritable gutta-percha, aussi bien que nous

avons pu nous créer un marché d'excellent caoutchouc. Mais ne l'oublions jamais, tous les végétaux doivent, pour prospérer, pouvoir jouir d'une quantité minimum, quoique variable pour chaque espèce, d'humidité et de chaleur ; ces quantités minima doivent être déterminées d'une manière nette et précise ; manquer à ces indications est s'exposer gratuitement à un échec dans toute tentative d'acclimatation. Les plantes soumises à un régime qui n'est pas le leur meurent fatalement et si la mort les épargne quelquefois, le dépérissement est tel que la dégénérescence est complète non seulement en ce qui concerne la vigueur du feuillage, du tronc et des rameaux, mais encore et surtout dans leur valeur productive quelle qu'elle soit. Un exemple entre tous fera mieux comprendre la vérité de cette assertion : En Europe, la tige de notre chanvre produit des fibres textiles ; son fruit fournit une huile abondante. Transplantée dans l'Inde, la même graminée produit une huile résineuse, volatile, connue sous le nom de *Ganga* à propriétés narcotiques très énergiques. La résine est évidemment formée aux dépens de la fibre qui devient inutile et ne peut plus produire qu'un mauvais combustible.

CHAPITRE III

PROCÉDÉS DE RÉCOLTE

Chacun sait qu'à Sumatra l'exploitation de la gutta-percha se fait par l'abattage de l'arbre, et l'on n'a pas encore signalé d'autre mode d'exploitation. Quand les arbres sont d'une circonférence colossale, on trouve à la base des élargissements en forme de lames verticales et l'on est obligé de dresser un échafaudage sur lequel on se place pour procéder à cet abattage. De tels géants cependant sont rares et on ne les rencontre que dans les forêts où la population n'a pas encore pénétré régulièrement pour se livrer à l'exploitation de la gomme-résine. Les indigènes récolteurs de gutta-percha se rendent à la forêt généralement par groupes de 3 à 4, et comme les arbres producteurs se trouvent dans les parties les plus épaisses des forêts vierges et que les bois avoisinants les *Kampongs* (villages) sont depuis longtemps dénudés, les chercheurs de gomme vont s'établir pour quelques jours dans la forêt et commencent par bâtir une hutte commune. Ils savent découvrir avec une adresse merveilleuse, dans l'endroit le plus épais, l'arbre guttifère, et s'il leur reste le moindre doute sur l'arbre dont ils ne peuvent découvrir les feuilles sous la voûte de feuillage qui souvent les domine, une simple incision dans le tronc fait couler dans leurs doigts le suc laiteux dont ils peuvent ainsi constater la qualité. En outre, ils savent distinguer sans erreur l'espèce à la couleur du tronc, à l'épaisseur de l'écorce, au plus ou moins de dureté du bois. S'ils ont trouvé un arbre qui leur semble assez fort pour être exploité, ils l'abattent à coups de hache, après quoi, au moyen d'une hachette, ils tracent des demi-cercles à des distances de 30 à 50 centimètres.

Dans quelques localités, on croit nécessaire, avant d'anneler le tronc, de dépouiller l'arbre à sa cime pour empêcher le suc laiteux de se répandre, l'arbre une fois couché, sur les branches et sur les feuilles de la cime. C'est ce que font, paraît-il, les chercheurs de Bornéo.

Le suc se rassemble dans les cercles tracés par la hachette avec plus ou moins de célérité, selon l'espèce.

Les sucs des Payena Lerii, des Tuban derrian et tembaga de Soupayang ne figent pas immédiatement; celui des Dichopsis oblongifolia, au contraire, est plus épais, fige facilement et se condense entre l'écorce et les fibres du bois. Pour le Dichopsis, le chercheur fendille avec sa hachette l'écorce de l'anneau ouvert et la réduit en

sorte de pulpe molle qui arrête l'égouttage au dehors. On rétendu que l'indigène regarde comme seule bonne la gomme se solidifie déjà dans sa main : c'est là une erreur profonde et ke affirme que le chercheur sait bien que les espèces qui prosent un suc clair peuvent fournir une gutta très utilisable.

.a récolte de la gutta-percha liquide se fait en certains endroits c une extrême incurie ; tandis que le travailleur trace des eaux de la base à la cime, une quantité considérable de lait oule : il ne se donne pas la peine de recueillir ce liquide dans godets ou des récipients découpés dans des écorces. Certains rcheurs prétendent même que la gomme ainsi écoulée est d'une lité inférieure et ne se vend qu'à bas prix dans le commerce : ils la uvent trop blanche et savent qu'on la préfère rouge ou brune ; utres ne donnent aucune raison de cette négligence.

'arbre étant ainsi découpé par cercles jusqu'à la cime, il git de recueillir le suc qui s'est immédiatement amoncelé dans cercles ou fentes.

Avec un racloir en fer, on retire tout ce qu'on trouve dans les tes, tant parcelles d'écorce que suc solidifié, et on refoule le t dans un sac fait avec de la sparte de pinange. Lorsque les neaux ont été nettoyés la besogne est considérée comme ternée et l'on s'en va recommencer le même travail sur un autre re.

Il arrive souvent que le suc laiteux continue à couler et se conuse dans les cercles en quantités assez abondantes ; on le néglige endant et l'arbre est tout à fait abandonné. En outre, les enlles n'occupent que la moitié supérieure de l'arbre abattu et uché. L'autre moitié inférieure, touchant le sol, reste intacte, il impossible de retourner cette moitié pour y faire des incisions : travail exigerait trop de main-d'œuvre, trop de travailleurs et la uation de l'arbre au milieu de la forêt dans un terrain accidenté rirait des difficultés presqu'insurmontables.

L'arbre, débarrassé à demi de sa gutta, reste couché dans les bois, ns attirer davantage l'intérêt et sans que personne ne s'en occupe cependant cet arbre fournit un bois d'œuvre et de construction excellente qualité. Dans d'autres localités, on abat ces mêmes bres pour les débiter en planches sans s'inquiéter de recueillir la mme résine. Ce mode d'exploitation de la gutta-percha dénote e imprévoyance incroyable : en effet, chaque colosse livré à battage en entraîne dans sa chute un certain nombre d'autres, est quelquefois obligé d'abattre préalablement ceux qui ntourent et auxquels il est relié par des lianes qui s'opposeient à sa chute.

Les conséquences d'une pareille destruction des arbres guttifères aient faciles à prévoir et se font sentir de plus en plus depuis mbre d'années.

Comme les arbres adultes ont déjà été abattus là où il est posle de pénétrer, les indigènes sont forcés à l'avenir de se conten- d'exploiter les jeunes sujets qui ne fournissent qu'une quantité signifiante de latex. On prétend qu'un chercheur de gutta ne

regarde un Dichopsis comme digne d'exploitation que quand l'arbre atteint la grosseur d'un cocotier (1 mètre environ de circonférence). Mais il arrive très rarement aujourd'hui qu'on en rencontre d'aussi gros et force est de se rabattre sur de plus jeunes végétaux. On trouve bien dans les forêts une quantité encore assez considérable de grands arbres guttifères parmi ceux qui donnent un produit de qualité inférieure, ce qui s'explique parce qu'autrefois on ne les exploitait pas ; on n'a commencé à le faire que depuis une quinzaine d'années, les meilleures sortes devenant de plus en plus rares et les besoins grandissant de jour en jour.

La gutta-percha que Léon Brasse et Seligmann-Lui, à qui nous empruntons tous ces renseignements, ont vu recueillir, subit une préparation qui peut varier suivant l'espèce : les sucs laiteux comme celui des Payena sont portés à la hutte à l'état liquide, tandis que celui des Dichopsis plus épais se trouve de toute nécessité mélangé de parcelles ligneuses dès sa sortie de l'arbre. Pendant le transport le suc se condense encore, l'ouvrier retire à la main les plus gros débris et jette la masse dans un pot rempli d'eau chaude ; la gutta y devient molle et pétrissable et se transforme facilement en une masse compacte.

Les qualités bonnes n'adhèrent pas à la main ; la masse pétrissable est réduite en une bande aussi plate et aussi mince que possible, et les restes de corpuscules ligneux tant soit peu épais à la surface de la bande sont enlevés à l'eau froide ou par le frottement de la main, ou enfin de toute autre manière.

D'ordinaire, la même opération se répète une seconde fois ; la gutta de nouveau ramollie, pétrie, étalée en feuilles, lavée et frottée est ensuite repliée sur elle-même en morceaux ou pièces de diverses grandeurs et de forme variable. De là l'aspect feuilleté qu'on remarque sur le corps des pains. La gutta-percha épurée deux fois se distingue par sa qualité supérieure de celle qui ne l'a été qu'une fois. Mais ainsi livrée au commerce, elle est loin d'être pure et elle est encore mélangée d'une énorme quantité de particules ligneuses qu'on ne peut enlever qu'après diverses opérations toujours fort longues et sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir. A Sumatra, loin d'épurer la gomme-résine on y ajoute le plus souvent, par poignées, des écorces préalablement concassées.

La gutta-percha subit, dans le cours de ces opérations, un changement de couleur. Au moment où elle s'échappe de l'arbre elle est toujours blanche ; l'ébullition avec des débris d'écorce et de bois lui fait contracter une teinte plus foncée et de nuance diversement colorée, et si la gutta du Payena prend à l'air une teinte jaunâtre, la couleur de celle des Dichopsis doit être exclusivement attribuée à la matière colorante dont elle s'empare pendant l'opération de la cuite.

Certains auteurs prétendent que les récolteurs font bouillir la gutta-percha avec une matière tinctoriale, afin de lui donner la couleur recherchée dans le commerce : point n'est besoin de se donner la peine, au moins à Sumatra où la gutta est rouge, parce qu'il n'est pas possible qu'il en soit autrement quand elle provient

d'un Dichopsis, puisqu'elle est toujours mélangée de fragments d'écorces qui suffisent pour la colorer.

Il est rare que la gomme-résine, telle que celle dont nous venons de parler, soit pure et livrée ainsi au commerce. Celles que l'on rencontre sous le nom de *balam-tembaga*, *balam-bringin* se composent dans la plupart des cas d'un mélange de plusieurs espèces. Ce mélange est tellement général, qu'il est de toute impossibilité de se procurer chez le négociant indigène des échantillons purs de toute mixture. Le mélange le mieux réussi porte souvent le nom de balam-tembaga, lors même que le suc du Dichopsis oblongifolium n'y est pour rien.

Tout mélange considéré comme une falsification, si nous nous plaçons au point de vue purement scientifique, ne saurait être regardé comme tel et accompli à dessein en vue d'une fraude préméditée.

En effet, les chercheurs de gutta-percha qui se sont procurés une certaine quantité de balam de qualité supérieure voient bientôt qu'ils n'ont pas la quantité suffisante pour vendre avec profit ; ils se mettent en quête de trouver un arbre susceptible de leur donner une matière de même sorte et comme la recherche est trop longue, ils s'adressent, pour ne point perdre de temps, au premier arbre qu'ils rencontrent jusqu'à ce qu'ils aient obtenu la quantité voulue. Revenus dans leur kampong, ils ont en main diverses sortes de gommes-résines, mais trop peu de chaque sorte pour la vendre isolément ; c'est alors qu'ils se livrent à la confection de ces mélanges dont nous venons de parler. L'expérience acquise leur indique quelles sont les sortes qui gâteraient le mélange et ils se gardent bien de les employer à leur propre détriment.

D'après les calculs de Burck, on évalue à 250 grammes de gomme complètement épurée la production d'un Dichopsis oblongifolium de 20 mètres de hauteur avec 60 centimètres de circonférence du tronc à hauteur d'homme, tandis qu'un arbre de la même espèce n'ayant que 40 centimètres de circonférence ne donnerait que 160 grammes.

Mais un Dichopsis de 60 centimètres de circonférence est loin d'être à l'âge adulte : il lui faut une circonférence double pour qu'il soit à l'âge de porter fleurs et fruits ; or un arbre de 60 centimètres est très rare de nos jours. Quoi qu'il en soit, on peut admettre qu'un dichopsis de 26 ans produit 300 grammes.

Les chiffres donnés par Serrulaz et qui se rapportent certainement au Dichopsis sont très voisins des précédents. D'après cet auteur, un arbre de 4 ans ne fournit pas encore le précieux latex ; de 15 à 20 ans il donne de 90 à 110 grammes.

A 30 ans il peut fournir de 250 à 260 grammes.

A l'apogée de son développement sa production égalerait 500 grammes (maximum exceptionnellement atteint).

Et enfin au déclin la production se réduit à 0.

On s'est souvent demandé s'il y avait absolue nécessité d'abattre l'arbre et s'il ne suffisait pas, pour obtenir la gutta, de pratiquer des incisions dans le tronc.

L'indigène malais comprend fort bien que cette méthode plus rationnelle, appliquée sur un même arbre pendant une série déterminée d'années, donnerait ainsi chaque fois une certaine quantité de gomme ; mais il est difficile de lui ôter de l'esprit que cette méthode ne diminuerait pas considérablement la production annuelle et ne donnerait qu'une rémunération bien insuffisante de ses efforts. Dans son œuvre de destruction, il ne se préoccupe que de son intérêt immédiat et tangible sans se soucier le moins du monde des conséquences possibles dans un prochain avenir ; il ne songe qu'au plus ou moins de peine inhérente à son travail. Si l'ascension à l'arbre et l'incision de l'écorce lui paraissent plus faciles que l'abattage, il se résoud à inciser. C'est ainsi qu'il fait pour les caoutchouquiers. Quant au guttier, il est convaincu que l'abattage lui donnera moins de peine que l'incision et il ne voit pas pourquoi il l'inciserait pour une production qu'il regarde comme insignifiante.

Et cependant : l'incision sans abattage donne au moins la moitié si ce n'est les 2/3 du produit que fournit l'abattage, car, ne l'oublions pas, par l'abattage on n'obtient que la moitié de la gomme disponible puisqu'on n'extrait la matière qu'à la partie de l'arbre qui ne repose pas sur le sol.

Du reste, un écoulement partiel du suc laiteux ne fait aucun tort à la vigueur végétative de l'arbre et Burck a fait sur quatre arbres du même genre des incisions qui ne les ont même pas empêché de fleurir 6 mois après, ce qui est certainement la preuve de l'innocuité de la saignée debout. L'incision des arbres vivants est donc non seulement possible, mais encore avantageuse, et produit d'une manière continue, sans tarir aussi rapidement que ne le fait l'abattage, les sources du précieux hydrocarbure.

Extraction de la gutta à Bornéo. — Nous devons à Leys, consul général des possessions britanniques du nord de Bornéo, la description du procédé de récolte suivi dans le nord-ouest de cette île, c'est-à-dire à Sarawack, à Pontianak, Labuan, etc., etc. Nous y voyons que les diverses sortes sont les produits d'arbres différents, mais que la gutta-percha rouge pure de Bornéo est le produit d'un Dichopsis. D'autres espèces produisent des latex de qualité inférieure et sont mêlés par les natifs à la bonne gutta. La variété rouge est obtenue d'arbres de 40 à 50 mètres qui croissent dans les vieilles jungles, sur le versant des collines. Voici comment on procède à l'extraction du produit brut. Quand le chercheur a trouvé un arbre assez âgé pour être exploité avec fruit, c'est-à-dire ayant un mètre de circonférence à hauteur d'homme, on enlève la cime et on pratique des incisions circulaires dans l'écorce à des intervalles de 30 à 40 centimètres. Le latex s'écoule pendant deux ou trois jours : on le recueille dans un vase quelconque tel que feuilles, noix de coco sectionnées, puis on le fait bouillir dans un pot pendant une demi-heure avec une légère addition d'eau, ce qui l'empêche de durcir ultérieurement par son exposition à l'air et de se détériorer au point de lui enlever toute valeur commerciale.

Il est très difficile d'évaluer le produit d'un arbre, car la quantité

varie avec la taille de l'arbre, la saison ; l'écoulement du latex atteint son maximum quand le feuillage a acquis tout son développement ; mais le rendement est bien différent selon l'âge du sujet : un arbre de peu d'importance donne 15 kg tandis qu'un gros peut donner jusqu'à 45 kg.

Un autre Dichopsis donne une gomme résine inférieure, de couleur blanche : il est plus petit et atteint seulement une hauteur de 20 à 30 mètres ; son feuillage diffère légèrement et il ne produit guère que 12 à 13 kg. de gomme.

Enfin, la *Balata* s'obtient par la condensation du suc laiteux ; mais pour l'extraire de l'arbre producteur il ne suffit pas, comme pour le caoutchouc, de pratiquer quelques incisions dans l'écorce : le liquide est plus épais et se coagule si promptement que les incisions s'obstruent en un temps très court. Au début, les *collecteurs* coupaient les arbres à leur pied et les soulevaient ensuite sur des appuis, de manière à laisser place au-dessous pour les vases destinés à recueillir le lait, coulant de profondes entailles distantes d'un pied à peine. De cette façon, chaque coupure laissait suinter peu à peu tout le suc à recueillir. Cette méthode barbare donnait, par arbre de taille moyenne, de 3 à 6 kg de balata. Aujourd'hui on emploie *des presses portatives* permettant de soumettre les écorces à une forte pression. Une presse donne de 9 à 13 litres de suc par heure, ce qui produit 2 ou 3 kg de gomme balata sèche. Il se rencontre des arbres de grande taille, vers Maturin, qui donnent, par ce procédé, plusieurs quintaux de balata. Ce *système destructif* est exploité actuellement et avec de forts bénéfices ; il détruirait bientôt, s'il se perpétuait, tous les arbres à gomme de Maturin, où ils sont cependant fort nombreux.

Le Purvio se rencontre dans la Guyane anglaise et s'y exploite d'une façon plus sensée, au point de vue de la conservation de l'arbre producteur. On pratique sur le tronc *quelques incisions longitudinales* entre lesquelles on enlève l'écorce, mais en laissant de distance en distance des fibres de cette écorce qui servent de points d'appui à l'écorce nouvelle, recouvrant peu à peu l'emplacement de celle arrachée. Le meilleur procédé consiste à enlever et laisser alternativement des rectangles d'écorce égaux en surface. L'écorce est ensuite pressée ; un arbre de taille moyenne donne, par cette méthode de récolte, un kilogramme de balata ; mais on peut la répéter indéfiniment en enlevant chaque année les parties d'écorce respectées l'année précédente.

La quantité de lait est plus grande lors de la saison des pluies ; la coagulation est aussi plus lente à cette époque. Les Indiens employés à la récolte disent l'extraction plus productive pendant les phases lunaires ascendantes, observation ou préjugé qui guide nombre de récoltes européennes.

Le lait du purvio est de couleur rougeâtre et de saveur astringente. Il se recueille en vases de bois, ceux en fer lui communiquant une couleur noirâtre qui diminue beaucoup la valeur commerciale du produit sec.

Des données fournies précédemment nous pouvons conclure :

1° Que tous les arbres guttiers produisent la gutta-percha en quantités et qualités absolument différentes selon l'essence à laquelle appartient le végétal producteur, selon son âge et finalement selon sa situatiou géographique et climatologique. C'est là l'explication des contradictions apparentes entre les écrits de Serrulaz, de Burck, de Brasse, etc., etc.

Mais que les opinions de ces savants et explorateurs soient plus ou moins fondées dans un sens ou dans un autre, ou qu'elles soient simultanément exactes aux points de vue différents auxquels on se place, il n'en est pas moins vrai que la question de la pénurie de la gutta-percha existe et qu'elle ne cesse de préoccuper vivement l'opinion publique aussi bien dans le monde industriel que dans les régions gouvernementales.

C'est à ce point de vue que nous ne craignons pas d'introduire ici une étude de M. Iungfleisch, professeur au conservatoire national des Arts-et-Métiers, étude publiée dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* (octobre 1892, p. 709). Le mémoire commence à faire allusion à la communication faite par le Dr Serrulaz à la même Société dans sa séance du 8 avril 1892 où, en rendant compte des missions dont il était chargé en Malaisie pour y rechercher la plante pouvant fournir la meilleur gutta-percha, Serrulaz fait entendre pour la première fois quelques mots sur une méthode nouvelle d'extraction de cette substance, méthode dont il se plaît à reconnaître la paternité au professeur Iungfleisch, quoique lui-même y ait pris une part importante.

Il y a longtemps que l'auteur avait été conduit à étudier les principes dont le mélange constitue la Gutta-Percha. Avec le concours d'un de ses élèves, M. Damoiseau, il était parvenu à les constituer tous trois cristallisés, c'est-à-dire sous une forme qui ne fait guère prévoir la nature plastique si accentuée du mélange. Toutefois, l'inconstance de la composition de la matière première fournie par le commerce, certaines différences relevées entre les propriétés des principes obtenus avec des guttas différentes, la crainte de ne pouvoir reproduire à coup sûr avec une seconde gutta les résultats observés avec une première, avaient fait ajourner toute publication des observations communes. Le désir de poursuivre ces recherches avec un produit d'origine certaine avait forcément attiré l'attention de M. Iungfleisch sur les résultats des missions françaises qui travaillaient dès lors à éclairer la question de l'origine de la gutta-percha, et en particulier sur les questions posées par les missions de Seligmann-Lui et de Serrulaz, Seligmann lui avait expliqué toutes les difficultés que l'on rencontre à se procurer, même en petite quantité, une gutta d'origine parfaitement authentique provenant d'un végétal bien déterminé. C'est donc avec un grand intérêt qu'il a pu recueillir de Serrulaz les renseignements rassemblés par cet explorateur lors de ses premières missions. Le savant y entrevit la possibilité de reprendre ses études avec une gutta d'origine certaine et d'apporter ainsi son contingent de lumière sur une question obscurcie aussi bien par la nature propre des choses qui,

et surtout, par les agissements des intérêts. On ne possédait, en effet, sur les plantes à gutta que des renseignements assez vagues et contradictoires ; mais ce dont on était certain, c'est que l'exploitation malaise était essentiellement dévastatrice et devait produire la disparution prochaine des forêts en même temps que de la matière première indispensable aux industries électriques. Les Malais, en effet, ne peuvent exploiter, étant donné leur méthode, que des arbres de 28 à 30 ans ou des repousses de 14 à 15 ans et l'exploitation d'un arbre de 30 ans ne leur rapporte que 265 grammes de gutta brute, chargée souvent de près de moitié de son poids de matières étrangères, sans aucune utilité et souvent nuisibles pour la fabrication. En opérant avec plus de soins et de patience que les Malais, Serrulaz n'a pu retirer d'un arbre de 30 ans plus de 220 grammes de gutta plus pure, il est vrai, et il a vu exploiter un arbre de 1m,20 de diamètre qui n'a donné que 328 de produit brut.

Des procédés aussi primitifs et aussi peu productifs étonnent singulièrement quand on les rapproche des chiffres énormes de la consommation. En 1884, par exemple, M. N.P. Trevenen, après avoir relevé les quantités de gutta bonne ou mauvaise, exportée en 1884 des ports malais, est arrivé à un total de 52,067 piculs, soit 3 144 147 kg qui, d'après les données précédentes, correspondraient à la destruction de plus de 12 000 000 d'arbres guttifères de 30 ans. Nous savons bien que tous ces arbres ne fournissent pas la gutta-percha 1re qualité, que les Malais ajoutent à leur récolte les matières végétales et même minérales les plus diverses. Nous n'ignorons pas non plus que l'intermédiaire chinois, sous prétexte de donner à la matière une soi-disant forme commerciale, travaille le produit avec assez d'habileté pour en accroître singulièrement le poids. Nous savons enfin que le négociant européen *purifie* la marchandise en la faisant rebouillir, ce qui réalise une nouvelle multiplication des pains. Mais en admettant avec Iungfleisch pour toutes ces opérations un coefficient d'accroissement qu'elles comportent, il n'en reste pas moins certain que la consommation d'arbres est énorme et tellement hors proportion que le précieux végétal est destiné à disparaître rapidement.

Aussi la production tend-elle à diminuer lorsqu'au contraire les besoins augmentent chaque jour, et que de toute part les grands États européens sont poussés à sauvegarder un intérêt aussi considérable en cherchant dans l'acclimatation un remède au mal. Nous avons déjà dit ce que nous pensions des résultats possibles de tentatives de cultures forestières de ce genre, entreprises à 20 000 kilomètres de l'Europe, sur un pied forcément gigantesque s'il devait seulement être suffisant, et nous comprenons fort bien la faiblesse des résultats obtenus à ce jour.

Ces difficultés ont incité M. Iungfleisch à douter de l'efficacité du moyen et à chercher si la question ne pouvait être envisagée autrement.

L'examen des petits échantillons rapportés par M. Serrulaz en 1888 permettait de reconnaître la présence de la gutta dans toutes

les parties du végétal ; les organes autres que le tronc contenaient de la gutta, en quantités qu'on était conduit à croire très supérieures à celle si minime que le tronc lui-même fournit aux Malais. La matière coagulable du latex ne peut-elle s'accumuler en quelqu'organe du végétal, où il serait possible d'aller la chercher par des moyens plus délicats que ceux des Malais ? Si par hasard ces organes étaient de ceux que l'on peut séparer du végétal sans compromettre sa vie, la question aurait fait un grand pas. Les recherches inédites, effectuées autrefois, ne laissaient pas douter, en effet, de la possibilité de trouver des dissolvants permettant de retirer cette gutta des organes en question et de la retirer seule.

M. Serrulaz, qui repartait alors en Indo-Chine, voulut bien se charger de vérifier quelques-unes des nombreuses hypothèses que comportait un programme d'essais institué dans cette direction d'idées, et surtout d'expédier en France des échantillons recueillis dans des conditions déterminées, permettant de faire les expériences nécessaires. Laissant de côté les tâtonnements et les suppositions démontrées inexactes, il reste à indiquer les faits que ces expériences ont établis.

Les dissolvants qui permettent de retirer la gutta-percha des cellules végétales sont multiples ; quant à présent, le toluène semble le plus avantageux : il dissout les trois principes composant la gutta, et il ne dissout pas en quantité appréciable les matières qui les accompagnent, si l'on excepte un peu de chlorophylle. On a opéré comparativement : 1° sur des feuilles séchées à l'air et venues sèches, c'est-à-dire exposées à l'oxydation par l'air ; 2° sur des feuilles fraîches, venues dans de l'eau rendue antiseptique, puis séchées à l'arrivée ; 3° sur des bourgeons desséchés et dépourvus de feuilles ; 4° sur du bois de deux ans, sec et dépourvu de feuilles.

Contrairement à ce qu'on avait attendu, toutes ces parties de la plante ont fourni des quantités de gutta à peu près constantes, mais toujours considérables. Ce premier résultat permettait de prévoir une issue favorable ; il fixait immédiatement les idées sur la partie de la plante qu'il serait le plus avantageux de traiter : en détachant les feuilles, que renouvelle constamment le végétal et qu'il ne tardera pas lui-même à éliminer, on réduit au minimum le tort porté au développement de la plante.

La méthode d'extraction est d'ailleurs fort simple. La matière pulvérisée est épuisée, par digestion vers 100° et ensuite par déplacement, avec un dissolvant, le toluène, par exemple. On obtient une dissolution de gutta colorée en vert par un peu de chlorophylle. L'évaporation directe du dissolvant n'étant pas praticable sans inconvénient pour le produit, on entraîne le toluène par un courant de vapeur d'eau détendue, c'est-à-dire agissant à 100° au maximum. Un volume d'eau vaporisée entraîne ainsi environ quatre volumes de toluène ; la gutta reste. On expulse totalement le toluène en prolongeant l'action de la vapeur sur la matière agitée et maintenue à 100°.

Les rendements furent supérieurs à tout ce qu'il était permis d'es-

pérer et oscillèrent entre 9 à 10 1/2 °/₀ selon les parties du végétal traité, comme le montre le tableau ci-contre.

2 000 grammes vieux bois sec.	200 grammes gutta, soit	10	°/₀
2 000 — —	183 —	9,15	
1 000 — bourgeons secs	102 —	10,20	
2 000 — —	211 —	10,50	
2 000 — feuilles sèches.	204 —	10,02	
5 000 — — incomplètement séchées .	453 —	9,06	
200 — — venues dans l'eau. . . .	21 —	10,05	
200 — — —	18 —	9,00	

Mais ces rendements élevés ne seraient-ils pas dus au mélange à la gutta de quelques principes végétaux entraînés par le dissolvant? A premier examen, l'apparence du produit semble donner quelque force à cette objection ; le produit est verdâtre, tandis que la gutta malaise est rouge. En réalité, la gutta, à peu près incolore de sa nature est colorée dans le premier cas par des traces de chlorophylle, que des traitements appropriés suffisent d'ailleurs à écarter, et dans le second par les débris d'écorce et des principes végétaux particuliers, dont la matière obtenue par dissolution est tout à fait privée. Le point capital 'est que toutes les personnes compétentes, négociants ou fabricants, qui ont examiné la gutta fournie par le nouveau procédé ont été unanimes à la reconnaître d'une qualité tout à fait supérieure et à la comparer aux meilleures sortes que le commerce ne fournit plus aujourd'hui, à celles dont l'industrie électrique regrette de plus en plus la rareté croissante.

Il faut évidemment que des quantités plus importantes soient fabriquées pour qu'une étude soit poursuivie dans des conditions propres à nous fixer sur certaines particularités. Mais on peut dire dès maintenant que l'emploi des dissolvants se prêtera, si on l'utilise judicieusement, non seulement à l'extraction de la gutta-percha, mais à son traitement industriel et même à sa purification. M. Jungfleisch a placé sous les yeux des membres de la Société une série d'échantillons de gutta-percha obtenus par le procédé des dissolvants.

Contrairement à ce que pouvait faire craindre l'extrême oxydabilité du carbure de la gutta, les feuilles bien venues, largement exposées à l'action de l'air renouvelé, ont fourni un produit de très bonne qualité. Il est donc permis dès maintenant d'imaginer une exploitation des *Isonandra* qui survivent en Malaisie, exploitation fondée sur la récolte des feuilles, sur l'importation en Europe de ces feuilles sèches et sur leur traitement par les dissolvants. Les caractères très spéciaux de ces feuilles mettraient les fabricants à l'abri de toute falsification et leur assureraient la production d'une gutta d'excellente qualité. En outre, s'il s'agit de produire des feuilles ou des menues branches, la proximité de la récolte encouragera les cultivateurs de l'extrême Orient à des sacrifices dont la rémunération ne saurait se faire attendre. Il est permis, dans ces conditions, d'espérer de l'initiative privée beaucoup plus que de la

persévérance et de la prévoyance, bien grandes en vérité, qui étaient demandées aux États européens.

En attendant, on peut espérer ainsi voir s'arrêter plus ou moins vite l'exploitation actuelle. Les Malais vendront des feuilles faciles à récolter aussi bien que de la gutta pénible à extraire. C'est ainsi qu'un arbre de 30 ans, tel que ceux pris pour exemple, porte, d'après les déterminations de M. Serrulaz, de 25 à 30 kg de feuilles vertes, soit environ 11 kg de feuilles sèches, lesquels donneraient par la nouvelle méthode de 1 000 à 1 100 grammes de gutta, alors que l'arbre abattu en fournirait au maximum 365 grammes. Il y a plus : dans la méthode malaise, on abandonne, avec les feuilles et menues branches sur le sol de la forêt, une quantité de gutta égale à plusieurs fois celle que l'on récolte sur le tronc. Les Malais comprendront sans doute assez vite que la récolte des feuilles pratiquée en plusieurs saisons de l'année, doit leur rapporter beaucoup plus que l'abattage toujours laborieux de végétaux de grandes dimensions. Il suffit qu'un arbre de 30 ans, pour continuer le même exemple, leur donne chaque année 7 kg de feuilles fraîches, ce qui semble peu, pour leur rapporter autant, d'une manière continue, que sa destruction le ferait une seule fois. Les arbres de tout âge et de toute taille, actuellement sans utilité immédiate, seraient en outre susceptibles d'une exploitation fructueuse.

La transformation complète du mode de production actuel de la gutta-percha semble donc susceptible d'assurer à bref délai l'approvisionnement de l'industrie européenne en cette substance intéressante ; elle fait espérer, en outre, que l'initiative privée, par des plantations, dont on semble autorisé à se promettre des récoltes très prochaines, se chargera de pourvoir à l'avenir.

CHAPITRE IV

CLASSIFICATION DES ESPÈCES COMMERCIALES DE LA GUTTA-PERCHA

C'est surtout dans cette partie de notre travail que nous sommes forcés de recourir à l'intéressant travail de L. Brasse. Comprenant combien il est difficile en l'état actuel de nos connaissances de procéder d'une manière réellement scientifique, persuadé d'ailleurs que les appellations surannées de gutta Macassar, Singapoore, Java, Sumatra et Bornéo ne disent absolument rien à l'intelligence et qu'elles sont plutôt propres à égarer qu'à éclairer l'opinion de celui qui voudrait baser une opinion sur la valeur d'une gomme résine d'après ces dénominations, Brasse prend chacune des espèces, en étudie la provenance probable, la forme sous laquelle elle arrive sur les marchés internationaux, en examine la robe, la section, la nature et la quantité de matières étrangères qu'elles contiennent, les qualités industrielles, telles que nervosités, dureté, sa plus ou moins grande facilité de refroidissement, la qualité du fil obtenu. Enfin, il détermine le rapport de gutta pure aux résines contenues dans chacune des espèces examinées et finalement la résistance spécifique en mégohms-centimètres. Le taux d'impuretés se rapporte dans son travail au lavage industriel. Il a déterminé le rapport de la gutta-percha aux résines de la manière suivante : prenant environ 5 grammes ayant subi toutes les opérations du lavage industriel, il les a dissous au bain-marie dans la benzine de manière à avoir 200 centimètres cubes de liquide. Il en prend 50 centimètres cubes après filtration et les verse goutte à goutte dans 100 centimètre cubes d'alcool absolu bouillant : la gutta pure se précipite, tandis que les matières résineuses (albane et fluavile) restent en dissolution. Il filtre sur filtres tarés, lave à l'alcool absolu et dessèche à 110° dans un courant d'acide carbonique sec et il obtient ainsi le poids de la gutta pure. Un autre échantillon de 50 centimètres cubes du liquide filtré est évaporé et desséché à 110° dans un courant d'acide carbonique sec et la différence entre les deux pesées donne le poids des matières résineuses.

Quant à la résistance spécifique, elle est calculée d'après une mesure de résistance prise sur un fil isolé avec la gutta soumise à l'essai.

Ce travail entrepris sur toute la série des variétés connues est le modèle du genre, et si nous le condensons ici en un tableau unique, ce n'est pas pour nous en attribuer la paternité mais bien plutôt pour faciliter au lecteur l'intelligence rapide du travail et lui permettre, par une simple inspection du tableau, les recherches comparatives qu'il pourrait avoir à faire.

TABLEAU DES VARIÉTÉS COMMERCIALES

Numéros d'ordre des échantillons	Variétés	Origine de la variété	Forme des pains	Robe des pains	Section des pains	Nature et quantité des impuretés
1	Pahang.	État de Pahang. Côte orientale de la péninsule Malaise.	Généralement petits. Ceux en forme de poires ne pesant pas plus de 500 grammes à 1 kilogramme. Ce [illegible] base [illegible] allant à [illegible] plus.	Jaunâtre, rarement rougeâtre tirant le plus souvent sur le verdâtre.	Blanc jaunâtre, très rarement jaune rougeâtre. Compacte rarement feuilleté.	Peu de matières ligneuses, 33 %.
2	id.	id.	id.	id.	id.	id. 25 %.
3	id.	id.	id.	id.	id.	id. 33 %.
4	id.	id.	id.	id.	id.	id. 28 %.
5	id.	id.	id.	id.	id.	id. 24 %.
6	id.	id.	id.	id.	id.	id. 41 %.
7	Saudakan.	Nord-Est de Bornéo.	Pains de 2 kilos en parallélipipèdes plats à base de trapèze, allongés en forme de bateaux ; angles vifs. Gutta moulée.	Couleur jaune claire.		Peu de fragments d'écorce. 22 %.
8	Marugulai.	?	Pains très plats de 1 kilo et moins, ou en fuseaux aplatis ou de section carrée de 3 à 4 kilos.	Blanc grisâtre, taches plus grises.	Aspect corné.	Pas de fragments d'écorces informes disséminées dans la masse, mais morceaux de 1 cm. 3 environ, tous de même forme nettement séparés et certainement surajoutés. 16 %.
9	Bagan.	Probablement entre Malacca et Singapore.	Pains en forme de poire de 2 à 3 kilos ou de carottes de 6 à 8 kilos.	Vineuse, toucher savonneux à froid et à chaud.	Coupe anfractueuse plus ou moins prononcée, beaucoup de trous dans la masse provenant de la non juxtaposition parfaite des fragments réunis pour former un pain.	Sans fragments d'écorce disséminés ou du moins en présentent très peu. 29 %.
10	id.	id.	id	id.	id.	29 %.
11	Banjermassin.	Sud de Bornéo.	Rondins de 80 centimètres de long sur 10 à 15 de diamètre arrondies aux extrémités ou parallèlipipèdes de 50 à 60 centimètres, à angles vifs, en forme de saumon de plomb portant sur deux faces opposées des sculptures représentant un monstre ornemental sur une face, des feuillages sur l'autre.	Aspect spongieux. Plus ou moins brune et même noirâtre.	Coupe rouge saumonnée feuilletée.	Beaucoup de fragments d'écorce. 45 %.
12	id.	id.	id.	id.	id.	40 %.

ʟ GUTTA-PERCHA

ciation qualité	Nature du fil	Rapport de la gutta aux résines	Résistance spécifique en mégohms-centimètres	Observations
ͅ se tra- ͅien, dure ͅeuse, re- ͅs vite en ͅant sa rimitive.	Un peu rugueux	6,20	62,10	
d.	id.	4,69	16	»
d.	id.	4,94	50	
d.	id.	3,89	15	
d.	id.	5,75	5	
d.	id.	5,25	28	
ͅ ci-des-	Fil plus lisse.	2,29	56	Cette gutta paraît avoir été laminée avant le moulage.
rès dure. ant vite.	Fil rugueux.	1,27	43	»
ͅssez dure ͅuse, re- te.	Fil très lisse.	1,47	30	Odeur d'opium. Gutta difficile à nettoyer. Ressemble beaucoup, par sa façon de se comporter au nettoyage et à la filature, à la Balata.
d.	id.	1,42	17	
très dure nerveuse, vite.	Fil rugueux.	4,09	141	»
id.	id.	2,20	52	

TABLEAU DES VARIÉTÉS COMMERCIALES

Numéros d'ordre des échantillons	Variétés	Origine de la variété	Forme des pains	Robe des pains	Section des pains	Nature et quantité des impuretés
1	Pahang.	État de Pahang. Côte orientale de la péninsule Malaise.	Généralement petits. Ceux en forme de poires ne pesant pas plus de 500 grammes à 1 kilogramme. Cen[illegible] base r[illegible] allant [illegible] au plus.	Jaunâtre, rarement rougeâtre tirant le plus souvent sur le verdâtre.	Blanc jaunâtre, très rarement jaune rougeâtre. Compacte rarement feuilleté.	Peu de matières ligneuses. 33 %
2	id.	id.	id.	id.	id.	id. 25 %
3	id.	id.	id.	id.	id.	id. 33 %
4	id.	id.	id.	id.	id.	id. 28 %
5	id.	id.	id.	id.	id.	id. 24 %
6	id.	id.	id.	id.	id.	id. 41 %
7	Saudakan.	Nord-Est de Bornéo.	Pains de 2 kilos en parallélipipèdes plats à base de trapèze, allongés en forme de bateaux ; angles vifs. Gutta moulée.	Couleur jaune claire.	»	Peu de fragments d'écorce. 22 %
8	Maragulai.	?	Pains très plats de 1 kilo et moins, ou en fuseaux aplatis ou de section carrée de 3 à 4 kilos.	Blanc grisâtre, taches plus grises.	Aspect corné.	Pas de fragments d'écorces informes disséminées dans la masse, mais morceaux de 1 cm. 3 environ, tous de même forme nettement séparés et certainement surajoutés. [illegible]6 %
9	Bagan.	Probablement entre Malacca et Singapore.	Pains en forme de poire de 2 à 3 kilos ou de carottes de 6 à 8 kilos.	Vineuse, toucher savonneux à froid et à chaud.	Coupe anfractueuse plus ou moins prononcée, beaucoup de trous dans la masse provenant de la non juxtaposition parfaite des fragments réunis pour former un pain.	Sans fragments d'écorce disséminés ou du moins en présentent très peu. 29 %
10	id.	id.	id	id.	id.	29 %
11	Banjermassin.	Sud de Bornéo.	Rondins de 80 centimètres de long sur 10 à 15 de diamètre arrondies aux extrémités ou parallélipipèdes de 50 à 60 centimètres, à angles vifs, en forme de saumon de plomb portant sur deux faces opposées des sculptures représentant un monstre ornemental sur une face, des feuillages sur l'autre.	Aspect spongieux. Plus ou moins brune et même noirâtre.	Coupe rouge saumonnée feuilletée.	Beaucoup de fragments d'écorce. 45 %
12	id.	id.	id.	id.	id.	40 %

LA GUTTA-PERCHA

...réciation ...a qualité	Nature du fil	Rapport de la gutta aux résines	Résistance spécifique en mégohms-centimètres	Observations
...ité se tra... ...t bien, dure ...rveuse, re... ...très vite en ...issant sa primitive.	Un peu rugueux	6,20	62,10	
id.	id.	4,69	16	»
id.	id.	4,94	50	
id.	id.	3,89	15	
id.	id.	5,75	5	
id.	id.	5,25	28	
...me ci-des...	Fil plus lisse.	2,29	56	Cette gutta paraît avoir été laminée avant le moulage.
...a très dure, ...issant vite.	Fil rugueux.	1,27	43	»
...a assez dure ...veuse, re... ...vite.	Fil très lisse.	1,47	30	Odeur d'opium. Gutta difficile à nettoyer. Ressemble beaucoup, par sa façon de se comporter au nettoyage et à la filature, à la Balata.
id.	id.	1,42	17	
...a très dure ...nerveuse, ...it vite.	Fil rugueux.	4,09	141	»
id.	id.	2,20	52	

TABLEAU DES VARIÉTÉS COMMERCIALES

Numéros d'ordre des échantillons	Variétés	Origine de la variété	Forme des pains	Robe des pains	Section des pains	Nature et quantité de impuretés
13	Kotaringin.	Sud de Bornéo.	Fuseaux pointus aux deux bouts à section carrée ou aplatie, de 1 à 2 kilos, et parallélipipèdes carrés de [illegible] …s,	Couleur plus claire que le banjermassin.	id.	32 °/o
14	id.	id.	id.	id.	id.	26 °/o
15	Pekan.	État de Pahang sur les bords de la mer.	Pains d'environ 4 à 5 centimètres d'épaisseur, pesant 2 à 5 kilos.	Brun rougeâtre foncé prune, avec apparence de moisi.	Coupe rouge vineux, très homogène.	Peu d'impur tés. 23 °/o
16	id.	id.	id.	id.	id.	29 °/o
17	Sarawack.	Nord-Ouest de Bornéo.	Pains peu pesants comparativement à leur volume, quand ils sont secs.	Pains spongieux surface verruqueuse réticulée avec écorce enchatonnée, bruns terreux.	Coupe jaune rougeâtre avec veines blanches.	Beaucoup fragments d'éco ce. 50 °/o
18	id.	id.	id.	id.	id.	45 °/o
19	Pontianack.	Sud-Ouest de Bornéo.	Blocs de 5 à 10 kilos.	Pains très spongieux, Jaune rougeâtre, plus grise que le Sarawack.	Même coupe que le Sarawack, avec veines blanches ou grises.	Chargée d'i puretés. 44 °/o
20	id.	id.	id.	id.	id.	33 °/o
21	Padang.	Ouest de Sumatra.	Blocs en forme de parallélipipèdes carrés très aplatis de 2 kilogrammes environ, portant un cachet d'origine, ou pains plus volumineux, jusqu'à 30 kilos	Jaune rougeâtre très accentué.	Même coupe que la robe, elle est nettement feuilletée.	Grande quanti de débris. 40 °/o
22	Sarapong ou Souni.	Est de Sumatra.	Pains de forme ovale à extrémités atténuées en pointe de 500 grammes à 1 kilogramme.	Surface rugueuse, terreuse.	Coupe homogène blanc jaunâtre.	Très propre. 30 °/o
23	id.	id.	id.	id.	id.	27 °/o
24	Siak.	Est de Sumatra.	Rondins de 2 à 3 kilos renflés vers le milieu.	Jaune rougeâtre	Teinte plus claire à la coupe, aspect feuilleté.	Très charg d'écorces. 50 °/o

.A GUTTA-PERCHA (*Suite*)

·éciation ı qualité	Nature du fil	Rapport de la gutta aux résines	Résistance spécifique en mégohms-centimètres	Observations
peu moins ɛ que le ɪassin.	id.	4,82	25	»
id.	id.	4,89	11	
dure, peu se, refroi- icilement.	Fil lisse.	1,03	90	»
id.	id.	1,42	17	
nerveuse, t bien, tres qualité.	Fil rugueux.	3,23	65	»
id.	id.	2,85	128	
bonne gut-	Fil rugueux.	3,57	141	»
id.	id.	3,02	171	
et ner- refroidit	Fil nerveux.	2,24	457	Vu son isolement élevé il n'est pas possible de l'employer pure pour les usages télégraphiques.
ité infé- assez dure ɪu nerveu- oidit bien.	Fil très lisse.	1,49	137	Sous le nom de Souni, on comprend une série de mélanges fabriqués par les indigènes de Sumatra. Ces mélanges contiennent des proportions variables de guttas rouges et blanches. Voici une formule que Seligmann-Lui a vu exécuter sous ses yeux : Gutta Derriau (Dichopsis oblongifolia) 2; » Sundeck (Payena Lerii). 3; » Poutch (Bouhà Balam). 1. Le n° 22 est le type d'un bon mélange pour fils télégraphiques.
id.	id.	1,42	692	
; dure, peu ', refroidit ıen.	Fil très lisse.	1,05	900	C'est une gutta du genre Souni. Le type examiné est un type tout à fait inférieur du genre.

[illegible] DES VARIÉTÉS [illegible]

LA GUTTA-PERCHA (*Suite*)

...préciation ...la qualité	Nature du fil	Rapport de la gutta aux résines	Résistance spécifique en mégohms-centimètres	Observations
...ta dure, ner- ... refroidit	Fil rugueux.	3,52	304	C'est la meilleure gutta parmi les variétés à grand isolement ; elle est très difficile à travailler.
»	»	1,26	310	
»	»	2,47	208	
»	»	3,39	780	
»	»	3,03	30	
...a dure, as- ...veuse, re- ...bien. ... leure qua-	Fil assez lisse.	1,87	72	Qualité absolument comparable à la gutta Bolungan.
»	»	1,81	120	
»	»	1,54	43	
»	»	1,90	153	
»	»	1,20	829	
...ta dure mais ...se de nerf. ...roidit bien	Fil très lisse.	1,56	3045	Odeur de l'exsudat : fromage avancé. Perte au lavage 30 % dont 2 % seulement matières solides.
...s nerveuse, friable. Peu en somme ...nque totale- de nerf et ...efroidit pas ...bien.	Fil très lisse.	1,» »	2101	Sous ce nom on connait 2 sortes de guttas : l'une présente un aspect particulier qui montre qu'elle est bien telle qu'on l'a récoltée ; c'est la *gutta vierge* (n° 26) ; l'autre est formée de 2 parties ; une inférieure au centre, recouverte à la périphérie d'une couche meilleure. Cette deuxième qualité donne une gutta qui devient cassante au bout de peu de temps.
»	»	0,95	743	
	»	0,98	1038	

TABLEAU DES VARIÉTÉS COMMERCIALES

Numéros d'ordre des échantillons	Variétés	Origine de la variété	Forme des pains	Robe des pains	Section des pains	Nature et quantité des impuretés
39	Pahang-White.	État de Pahang.	Gros pains arrondis en boules plus grosses que la tête.	Blanche crayeuse.	Friable.	40 %.
40	»	»	»	»	»	19 %.
41	Assahan.	Nord-Est de Sumatra.	Même aspect que ci-dessus.	id.	id.	20 %.
42	Tringanou.	N.-E. de la péninsule Malaise. Au bord de Kelatan.	id.	id.	id.	31 %.
43	Boula-Balam	Malacca.	Fragments informes qu'il faut se hâter de mettre en blocs si l'on ne veut pas qu'elle tombe en poussière.	»	»	»
44	Gutta-Pouteh	Sumatra.				
45	Balata.	Guyane et Vénézuela.	Blocs grisâtres ou plaques rougeâtres de 1 à 2 centimètres d'épaisseur gardant la forme des boîtes où s'est effectuée la dessiccation du suc. Largeur des blocs $0^m,10$, rectangulaires. Longueur $0^m,80$.	Vague aspect de peaux sèches ; à toucher savonneux	»	Très peu de matières étrangères, peu d'écorces. Souvent addition de chaux ; les indigènes ont, pendant un certain temps, fraudé le suc en l'additionnant d'eau et en ajoutant de la chaux pour lui rendre sa consistance. 10 %.

LA GUTTA-PERCHA (*Suite*)

...préciation la qualité	Nature du fil	Rapport de la gutta aux résines	Résistance spécifique en mégohms-centimètres	Observations
...ndre, assez ...rt, refroidit collante.	Fil très lisse mais difficile à travailler seul, parce qu'il adhère aux cylindres.	1,15	860	La surface du pain souvent formée d'une couche de gutta nerveuse d'une épaisseur de quelques millimètres. Les pains frais ont une odeur de fromage fait.
»	»	1,16	743	
...lité un peu ...ure que la lente, plus ...te, refroidit bien.	id.	0,90	743	»
id.	»	1,18	743	»
...ta molle, ...erf, ne re... pas du tout ...à-dire que après plu... jours de ...lissement les ...s de cette ...e sont en ...susceptibles ...ller entre ...ant les tal... si l'on ne pas qu'elles ...ssent qu'on	Ne peut se travailler seul, parce qu'il est trop collant.	0,52	Impossible à déterminer.	Arbre producteur, non décrit, qui pousse dans les parties marécageuses des contrées à gutta et qui sert à frauder un peu toutes les espèces. Très peu employée malgré son bas prix, probablement parce qu'il y en a déjà suffisamment dans les guttas blanches qu'on emploie pour rendre possible le travail des bonnes espèces.
...ta tendre, ...erveuse, un ...lastique. ...roidit très ...nent.	»	1,49	300	Forme la transition entre le caoutchouc et la gutta. Chauffée elle ne se ramollit pas assez pour qu'on puisse l'employer comme la gutta, pour isoler les fils. Elle est employée dans les mélanges auxquels elle communique sa lenteur de refroidissement.

L'auteur n'a pas eu la prétention de donner une idée de la constitution du marché des guttas. Il lui a fallu faire de nombreux triages dans les sortes commerciales avant de pouvoir réunir ces types : les renseignements relatifs à la provenance lui ont été fournis par des importateurs très au courant du commerce de la gutta-percha et par des négociants de Singapoore. Il a écarté tous les types qui, bien que constituant un tout homogène par tous leurs caractères physiques et chimiques, ont donné lieu à des divergences d'appréciation de la part des connaisseurs. De même il a rejeté certaines espèces bien connues, mais qui, par le manque de constance dans les résultats, lui paraissaient devoir être des sortes sujettes à variations, plutôt que des types bien définis. Il n'a laissé subsister qu'une seule de ces déterminations pour bien en montrer le caractère élastique. Ce sont les deux sortes désignées sous le nom de *Sarapong* ou *Souni*. Enfin il a eu garde de mentionner ces nombreux mélanges hétéroclites qui arrivent journellement sur le marché et qui sont l'œuvre des intermédiaires chinois, non plus que les sortes dites *rebouillies* qui sont de qualité tout à fait inférieure et qui relèvent le plus souvent comme lieu d'origine les fonds de cales et les fonds de caves.

Il est impossible d'acheter chez un importateur un lot de provenance désignée : il faut acheter les lots tels qu'ils viennent, c'est-à-dire tels que le négociant de Singapoore ou de Macassar les a constitués. Les lots désignés par un assemblage de lettres qui varient avec les maisons, sont composés uniquement d'après leurs qualités mécaniques ; aussi éprouve-t-on après chaque arrivage des surprises souvent très désagréables. Telle espèce arrivait d'ordinaire avec une certaine résistance spécifique et voici qu'un nouvel arrivage envoyé sous la même désignation possède une résistance spécifique 10 fois plus grande. Il est tout simplement arrivé qu'une des espèces servant d'ordinaire à former le lot est venue à manquer et qu'on l'a remplacée par une autre qui semblait à première vue présenter les mêmes propriétés.

Il est vrai que ceci a peu d'importance pour les usages ordinaires de la gutta lorsqu'on regarde plus au prix qu'à la durée, mais il n'en est pas de même pour les câbles électriques et surtout pour les câbles sous-marins. Tous ceux qui ont été posés depuis l'origine ont un isolement assez bas et nous savons que la réussite a été complète, tandis que nous ne pouvons rien pronostiquer quant à la durée des espèces présentant un isolement élevé, puisque nous manquons d'expérience à ce sujet et que le peu que nous sachions ne peut nous en faire espérer grand chose de bon.

Or, parmi toutes les espèces que nous venons d'énumérer dans l'ordre de valeur approximative qu'elles ont montré en pratique, ordre qui est à peu de chose près celui des résistances spécifiques, on voit que les espèces de Sumatra ne brillent pas au premier rang et que, par conséquent, la meilleure espèce de cette île pourrait bien n'être pas la meilleure espèce à propager.

Des études qui précèdent, on peut conclure que nous connaissons à peu près les arbres guttifères de Sumatra et de la côte occidentale de la péninsule malaise, mais que nous sommes toujours fort ignorants des provenances de la côte orientale de Malacca et de celles de Bornéo. Or, la gutta-percha de Sumatra n'a jamais été considérée comme la meilleure sorte et la supériorité a toujours été accordée aux sortes dites Macassar et ces sortes ne sont en réalité que les espèces venant de Banjermassin, Kotaringin, Coti, Bolungan, Sandakan : l'île des Célèbes n'appartient pas à la zone guttifère proprement dite et ne renferme pas de guttiers que nous sachions. Quant à l'Etat de Pahang, ce n'est que récemment qu'il fournit au marché de la gutta des produits dont la qualité surpasse tous les autres et confirme ainsi les indications fournies par Seligmann-Lui.

Or, il nous semble difficile d'admettre que les sortes de Pahang aussi bien que celles de Bornéo soient le produit d'un Palaquium quelconque.

Les gommes-résines de cette origine sont caractérisées par un épaississement immédiat du suc qui fait qu'il est impossible de récolter celui-ci exempt de fragments d'écorce ; tous les explorateurs sont d'un avis unanime sur ce point. En outre, la gutta-percha qui provient de ces arbres est toujours colorée par les colorants de l'écorce quand on lui fait subir l'épuration par l'eau bouillante. Enfin, le rendement en gomme-résine d'un Palaquium adulte est toujours très faible. Et cependant, que voyons-nous : la gutta-percha de Pahang est d'un blanc jaunâtre et renferme très peu d'impuretés. Cela ne peut signifier que deux choses : ou bien l'écoulement du suc est abondant et la coagulation n'est pas immédiate et les choses se passeraient comme pour le Payena Lerii, les arbres de Soupayang et Halaban, ou bien la gutta-percha de ce genre est très pure et n'est pas de la même espèce que celle du Palaquium, puisqu'elle n'a pris aucune coloration aux dépens de l'écorce pendant l'épuration. Comme nous n'avons aucun renseignement sur le rendement des arbres guttiers de Pahang, ni sur le mode d'exploitation, nous ne pouvons baser notre raisonnement que sur des hypothèses ; mais pour les guttas-perchas de Bornéo nous possédons une donnée de plus : c'est le rapport Leys qui est en contradiction absolue sur les résultats fournis par le Palaquium comme rendement et comme coloration. Il est donc tout à fait admissible de penser que l'arbre guttifère du nord de Bornéo n'est pas un Palaquium.

La gutta de Sandakan ressemble à celle de Pahang ; elle est très pure et de couleur blanche jaunâtre. Celle de Sarawack est beaucoup plus rouge, mais elle est en même temps très mêlée de fragments d'écorce qui paraît surajoutée et on y trouve toujours des veines blanches avec très peu de corps étrangers.

Il est très difficile de se prononcer sur les provinces de Pontianak ; d'ailleurs, des arbres du genre Palaquium ont été signalés dans cette région.

Les 2 espèces très voisines Kotaringi et Banjermassin sont in-

téressantes à comparer: *Kotaringin*, gutta très propre et assez blanche, parfois même tout à fait blanche, tandis que *Banjermassin* toujours très chargée de débris d'écorces, et toujours fortement colorée. Si la présence des fragments d'écorce était inhérente au mode de récolte, et que, comme cela a été décrit pour les Palaquium, la gutta-percha dut subir un certain nombre de manipulalations pour en être débarrassée, ce devrait être le Kotaringin le plus travaillé et le plus coloré naturellement. Or, c'est absolument le contraire qui arrive. Il est donc plus que probable que les impuretés du Banjermassin sont ajoutées après coup pour *dérouter les recherches et conserver le monopole d'une industrie certainement lucrative.*

La gutta de Maragulai, très blanche et peu chargée d'impuretés, donne lieu aux mêmes considérations. Les guttas-perchas de Bagan et de Pekan présentent quelque chose de très particulier qui les éloigne aussi bien des guttas du Palaquium que des guttas dont nous venons de parler. Elles ressemblent énormément, par toutes leurs propriétés, à la Balata du mimusops Balata et nous pensons que celle de Bagan en particulier pourrait très bien n'être pas le résultat d'une coagulation du suc, mais bien d'une évaporation comme celle pratiquée à la Guyane, ou de toute autre opération analogue.

Quant aux sortes de Sumatra, elles sont le produit du Palaquium oblongifolium plus ou moins mélangé avec celui du Paynea Lerii, du bouhâ-balam et d'autres arbres incomplètement étudiés. La gutta-percha de Padang présente bien les caractères décrits par tous les explorateurs comme caractéristiques du Palaquium : fragments d'écorce de couleur rouge, etc., etc. Quant au Souni, ce n'est qu'un simple mélange indéterminé en proportions diverses.

Une question très difficile à aborder est celle qui a trait aux origines des sortes de Bolungan et de Coti. N'était leur résistance spécifique, nous pourrions leur appliquer ce que nous avons dit au sujet des autres espèces de Bornéo ; mais nous nous trouvons ici en présence d'une résistance spécifique élevée et d'autant plus élevée que les échantillons sont de récolte plus récente. Les N°s 29, 30 et 32 de notre tableau sont des espèces récoltées depuis une dizaine d'années : toutes les autres sont plus récentes. Cela provient à n'en pas douter de mélanges que font maintenant les indigènes parce que les espèces genre Sandakan viennent à manquer et ne suffisent plus à la consommation. La résistance spécifique plus grande est probablement due à l'addition de sucs du Payena Lerii. Cet arbre produit, en effet, un suc à résistance spécifique plus élevée, comme l'indiquent les N°s 35 et 36 de notre tableau ; mais ce suc a une tendance à la résinification et alors la résistance spécifique baisse en même temps que la gutta-percha devient cassante (voir N°s 37, 38). C'est là ce qui explique pourquoi l'on rejette systématiquement dans la fabrication des câbles l'emploi exclusif des guttas-perchas à isolement élevé. Il en faut bien une certaine quantité, mais il ne faut pas dépasser la dose strictement requise pour la commodité du travail sous peine de s'exposer à des mécomptes qui, pour être souvent à longue échéance, n'en sont que plus graves ; puis les inconvénients

peuvent ne survenir que lorsque la responsabilité du fabricant est déjà dégagée.

Les espèces provenant d'Assahan, Trenganu et la gutta blanche de Pahang sont certainement des mélanges de suc des Payena avec du Bouha-Balam. Au N° 43 du tableau figure une analyse de ce dernier produit qui démontre que la résine s'y trouve en proportion 2 fois plus forte que la gutta. Toutes ces guttas-perchas blanches ont une résistance spécifique plus faible que celle du suc de Payena. Peut être ce fait doit-il être attribué au mélange de ce suc avec la gutta très résineuse Bouha-Balam ; mais il est impossible de vérifier cette assertion, puisqu'il n'est pas possible de déterminer la résistance spécifique de ce dernier produit. En résumé (selon L. Basse :)

1° Toutes les guttas-perchas de qualité supérieure ont une faible résistance spécifique et il n'est aucunement démontré qu'elles soient le produit du Palaquium.

2° La gutta Pahang, produit du Palaquium oblongifolium, est une gomme résine de qualité moyenne et sa résistance spécifique est assez élevée.

3° La gutta Bolungan et Coti, employées dans le passé, avaient une résistance faible ; celles qui nous arrivent actuellement en ont une de plus en plus forte ; et il faut être très prudent dans leur emploi.

4° Les guttas blanches présentent toutes une résistance élevée : elles ne peuvent être employées ni seules ni en grandes proportions pour la confection des câbles.

5° Enfin nous ne croyons pas que ce soit le produit d'un Palaquium qui ait servi *à lui seul* de diélectrique pour les câbles sous-marins posés depuis l'origine ; sa résistance spécifique s'est toujours montrée voisine de 400 10^6 mégohms et nous ne connaissons pas un câble, en Angleterre du moins, dont la résistance spécifique dépasse 120 10^6 mégohms.

6° Pour nous, la meilleure qualité de gutta-percha est celle de Pahang, Sarawak et Sandakan.

CHAPITRE V

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LA GUTTA-PERCHA

Des longs détails donnés dans les chapitres précédents le lecteur conclura aisément combien il sera difficile de procéder à l'étude des propriétés physiques et chimiques d'une substance de composition si variable et dont les propriétés elles-mêmes varient à l'infini d'une espèce à l'autre. Comment déterminer avec quelque certitude scientifique une matière dont on ne connaît même pas la véritable origine botanique et qui dans la généralité des cas n'est qu'un simple mélange de plusieurs produits d'origine et de propriétés différentes.

Plus encore que pour le caoutchouc, nous en sommes réduits à exprimer le regret que les études entreprises à ce jour n'aient porté que sur des marchandises importées en Europe et que le latex des Sapotacées aussi bien que les gommes résines qui en dérivent n'aient pas été étudiés d'une manière méthodique sur les lieux mêmes de la production.

A défaut de ces données nous eussions voulu pouvoir étudier les propriétés d'une gutta-percha provenant du revêtement d'un câble dont les bonnes qualités auraient été démontrées par une épreuve d'une certaine durée. Cette ressource, elle aussi, nous a manqué et a manqué à nos devanciers. Le Dr Miller, en 1860, a bien pu étudier la composition chimique d'une gomme résine ayant servi à la confection d'un câble, mais ce câble était de construction récente et ses qualités n'avaient pas la consécration du temps.

Nous en sommes donc réduits à condenser dans ce travail les observations faites et les résultats obtenus, non sur un produit naturel d'origine certaine, mais sur un simple type commercial, bien que ce type ait été décoré souvent du nom de gutta pure de l'Isonandra gutta.

A l'état pur, la gutta-percha est incolore, translucide sous une faible épaisseur ; une tranche coupée à un 1/5 de millimètre d'épaisseur posée sur une surface blanche indique cependant une coloration spéciale variant entre le rosé et le blanc grisâtre.

Examinée au polarimètre, elle présente un magnifique aspect. Elle paraît se composer de prismes qui se fondent les uns dans les autres et qui déplacent les nuances les plus variées.

Elle est inodore et insipide, et ce n'est que sous l'action de certains agents de décomposition et de transformation qu'elle prend quelquefois une odeur âcre caratéristique. Elle possède naturellement une texture celluleuse, mais lorsqu'on lui fait subir une forte

traction, elle s'étire et sa texture devient fibreuse et, dans cet état, elle est devenue beaucoup plus résistante ; si, par un fort étirage, on a doublé sa longueur, elle supporte sans se rompre l'action d'une force double de celle qui a été nécessitée par son étirage : mais elle ne présente pas une résistance dans tous les sens comme la gomme élastique et elle déchire aisément lorsqu'on applique l'effort dans le sens transversal.

Cette structure celluleuse susceptible de se modifier et de passer à l'état fibreux n'est pas égale pour toutes les espèces de guttas et nous avons pu remarquer qu'en général, plus facilement une gomme résine passe d'un état à l'autre, plus elle possède les véritables qualités requises, et plus elle s'éloigne de ces espèces bâtardes désignées sous le nom de caoutchoucs gutteux. L'exagération, au contraire, nous amène aux guttas trop cassantes et qu'on ne saurait employer seules pour la confection des câbles. La gutta-percha ne se soude pas à elle-même à la température ordinaire. Si, au contraire, on chauffe deux surfaces en gutta mises en contact et subissant simultanément une pression un peu énergique, les parties en contact se soudent entre elles, ne font plus qu'un seul tout incapable de revenir à sa position première ; mais dans cette opération il faut se garder de trop chauffer : car lorsque la gutta atteint son point de fusion, elle reste poisseuse après le refroidissement et ne jouit plus de ses propriétés naturelles.

A la température ordinaire, elle est solide, souple, très tenace mais peu élastique. Elle ne se rompt que soumise à une charge de 24kg,50 par millimètre carré en s'allongeant, selon l'espèce, de 50 à 60 %. Elle peut être pliée, nouée et tirée sans inconvénient, mais elle se laisse entamer facilement par une pointe ou un instrument tranchant. Son élasticité en cet état est celle du cuir ramolli. Pour donner une idée exacte de la tenacité de la gutta-percha, nous donnerons les résultats de quelques expériences faites en 1856 par Storer et Stodder pour déterminer les propriétés cohésives de tuyaux de gutta-percha de diverses dimensions.

Longueur du tuyau	Diamètre intérieur	Diamètre extérieur	Pression par centimètre carré	
			supportée	occasionnant la rupture
30m,4779	0m,0254	0m,0301	7kg,02770	
Échantillons variant en longueur de 0m,0254 à 0m,0762	»	»	18 ,69368	19kg,11534
	»	0 ,0332	21 ,08310	22 ,48864
	0 ,0225	0 ,0285	19 ,67756	21 ,36421
	0 ,0160	0 ,0262	22 ,48864	25 ,29972
	0 ,0127	0 ,0160	16 ,44482	16 ,86648
	0 ,0127	0 ,0160	25 ,29972	et rupture
	0 ,0063	0 ,0160	50 ,59944	53 ,41052

Les résultats qui suivent proviennent d'expériences faites avec le plus grand soin par le Dr Adriani pour déterminer l'extension perma-

nente et l'élasticité de la gutta-percha. Entre temps, ce savant a également déterminé le poids susceptible d'amener la rupture d'une bande de gutta-percha de force donnée. Il s'est servi d'un morceau de courroie pour machines ayant 0m,001775 d'épaisseur sur 0m,06 de large. L'extension et la contraction furent déterminées au moyen d'un tracé à l'encre de lignes très fines permettant de distinguer des divisions de 0m,00001. Les expériences se firent à une température de + 17° C. Les observations furent relevées de 10 en 10 minutes de telle sorte que chacun des résultats consignés dans le tableau suivant est une moyenne de 6 observations ayant demandé ensemble 1 heure de temps.

	Longueur de la courroie	Contraction due à l'élasticité
Non-chargée	0m,66628	
Chargée avec 3kg	0 ,66987	
— — 2 ,5	0 ,67944	0m,00043
— — 2	0 ,66904	0 ,00040
— — 1 ,5	0 ,66850	0 ,00046
— — 1	0 ,66795	0 ,00063
— — 0 ,5	0 ,66758	0 ,00037
— — 0	0 ,66679	0 ,00027

L'allongement élastique pour un poids de 3 kg est donc égal à 0m,00308, l'allongement permanent étant de 0m,0005. En chargeant de plus en plus la courroie, on obtient sa rupture avec 186 kg.

La gutta-percha paraît très *imperméable ;* mais en lames minces, telles qu'on les obtient par l'évaporation de la gomme dissoute dans le sulfure de carbone, elle paraît douée d'une porosité particulière ; sous le microscope on observe aisément les cavités dont elle est criblée et qui permettent à l'eau d'y pénétrer en dilatant les parois de ces cavités.

Les quantités d'eau de mer et d'eau douce qu'absorbe ainsi la gutta à la température ordinaire sont entre elles dans le rapport des nombres 3 et 5. Pour l'eau de mer, le pouvoir absorbant de la gutta-percha devient deux fois plus considérable lorsque la température s'élève de + 4° à + 49° ; la progression est un peu plus rapide pour l'eau douce : la pression n'a pas d'influence sensible sur cette propriété. L'eau d'absorption ne paraît pénétrer dans les pores de la gutta-percha que jusqu'à une certaine profondeur, très faible d'ailleurs ; au-delà de cette limite, le poids d'eau n'augmente plus, quelle que soit d'ailleurs l'épaisseur du bloc. L'eau interposée mécaniquement n'altère toutefois aucune des qualités diélectriques en tant qu'elle ne dépasse pas 2 à 3 % du poids de la gomme.

Sa densité, qu'on indique généralement comme variant entre 0,999 d'après Adriani et 0,979 d'après Soubeiran, est en réalité plus grande que celle de l'eau. Cette divergence s'explique, d'après Payen, par les différents modes de préparation que la gutta

a subis. Ce savant soumit à une forte compression une bande de gutta ramollie et réduisit sous l'eau les rubans obtenus en quantité de petits fragments. La plupart des fragments tombèrent de suite au fond du vase, tandis que d'autres surnagèrent le liquide pendant quelque temps pour opérer leur immersion après avoir été suffisamment pénétrés du liquide aqueux. Il en conclut que la gutta-percha n'est plus légère que l'eau qu'en apparence par suite de sa porosité et que cette porosité est d'autant plus faible qu'on procède avec plus de soin à son épuration ; en comprimant la gutta-percha on diminue sa porosité en même temps et qu'on augmente son poids spécifique. L'opinion de Payen se trouve confirmée par nombre d'autres savants et l'on admet aujourd'hui que la densité d'une gutta-percha laminée varie entre 1,010 et 1,020.

Action de la chaleur. — A + 37° la gutta commence à se ramollir et ses propriétés se modifient assez sensiblement pour qu'un câble en gutta, dont la fabrication est terminée, ne doit plus être soumis, d'après Wunschendorf, à une température supérieure à + 32 à 33°.

Si la température s'élève à + 50°, le changement s'accentue encore davantage et si l'on peut ainsi impunément la heurter ou la jeter contre un mur sans la déformer, elle devient au contraire très sensible à une pression lente exercée sur sa surface plane : elle est susceptible de recevoir les empreintes les plus fines et les plus délicates qu'elle gardera ensuite.

A 90° elle devient adhésive et éprouve une sorte de fusion pâteuse qui permet de la pétrir, de la mouler à volonté, de lui donner toutes les formes imaginables qui resteront ensuite permanentes lorsqu'elle aura repris sa température normale.

Cette propriété caractéristique que possèdent également d'autres matières plastiques, quoiqu'à un degré plus faible, provient de l'air interposé dans les pores de la matière.

La gutta-percha pétrie gonfle dans le vide et sa surface se ride. Si elle est très dense, elle ne gonfle pas immédiatement sous la cloche d'une machine pneumatique, mais si on la plonge ainsi dans l'huile minérale et si on fait le vide après, elle donne lieu à un dégagement d'air abondant et assez prolongé. Ainsi préparée et exposée de nouveau à l'air libre, elle perd sa propriété de durcir après refroidissement et ressemble à du cuir graissé très fort.

A + 100°, la fusion pâteuse est complètement terminée : la matière se résinifie au contact de l'air en absorbant 1/4 de son poids d'oxygène.

A + 130° elle fond ; chauffée davantage elle entre en ébullition et distille en laissant comme résidu un léger bloc de charbon : les huiles incolores provenant de cette distillation sont formées en majeure partie d'isoprène et de caoutchène.

La gutta-percha ne perd pas sa souplesse à 10° au dessous de 0° tandis que le caoutchouc est très sensible au froid.

Action des agents atmosphériques. — Exposée à l'air et à la lumière, la gutta-percha subit une altération rapide qui selon toute apparence provient d'une oxydation : elle dégage en même temps

une odeur très âcre. Cette altération est d'autant plus rapide lorsque la matière est exposée à l'air à une température de 25 à 30° C, en tablettes ou rubans de peu d'épaisseur et si on l'humecte fréquemment pour laisser sécher ensuite à la chaleur du soleil.

Elle devient ainsi cassante, friable comme la résine ; son poids augmente en même temps que sa solubilité dans les acalis et l'alcool et, finalement, elle devient bon conducteur de l'électricité, propriété qu'elle n'avait pas auparavant. W. A. Miller et C. Hofmann (*Annales de Chimie et de Pharmacie*, 215, 297), attribuent ce changement à une oxydation. La partie oxydée est insoluble dans l'eau et dans la benzine, elle ne fond qu'à 100° C ; d'après ces auteurs, toutes les guttas-perchas du commerce en contiendraient jusqu'à 15 %.

La composition de cette gomme oxydée serait la suivante, d'après Miller.

Carbone	76,15
Hydrogène	11,16
Oxygène	12,69

La gutta-percha, devenue cassante par l'oxydation à l'air et à la lumière, peut de nouveau être régénérée pour servir à certains usages si on la fait digérer quelque temps dans l'eau tiède et si on la soumet ainsi à un nouveau pétrissage : mais elle ne tarde pas alors à se fendiller et à devenir impropre à toute espèce d'emploi.

Cette facilité de se modifier au contact de l'air et de la lumière limite naturellement de beaucoup les emplois industriels de cette matière. Dans son travail sur le caoutchouc et la gutta-percha au point de vue chimique, reproduit par le *Moniteur scientifique de Quesneville*, IIIe Série, t. IX, p. 240 et suiv., K.M. Blossom a résumé les travaux de Clark et de W. A. Miller sur l'action de l'air et de la lumière sur la gomme résine.

32gr,35 de gutta en feuille mince furent successivement soumis pendant 8 mois aux conditions suivantes :

1° Dans un flacon à l'air libre et à la lumière mais à l'abri de l'eau ;
2° Dans un flacon à l'air libre, mais à l'abri de la lumière ;
3° Dans l'eau douce, en plein air et à la lumière ;
4° Dans l'eau douce, en plein air mais à l'abri de la lumière ;
5° « à l'abri de l'air et de la lumière :
6° Dans l'eau de mer, en plein air et à la lumière ;
7° « « mais à l'abri de la lumière.
8° « à l'abri de l'air et de la lumière.

Les échantillons 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ne subirent d'autre altération qu'un léger accroissement de poids dû à l'absorption de l'eau. Après avoir été exposés à l'air pendant près de deux heures, ils abandonnèrent l'eau absorbée et la ténacité et la structure de la gomme n'avaient pas été modifiées.

Le n° 1, qui avait été roulé et introduit dans un flacon renversé sur son goulot ouvert, avait absorbé 5 °/₀ d'oxygène, et une partie de la masse, c'est-à-dire 55 °/₀, était convertie en résine. Les couches extérieures, exposées à la lumière, étaient résineuses et cassantes ; mais les portions intérieures, garanties contre la lumière par les replis extérieurs, se trouvaient très peu altérées sous le rapport de la texture et de l'aspect.

Le n° 2 avait éprouvé peu ou point de changement ; il avait augmenté en poids de 1/2 °/₀ seulement et ne céda à l'alcool que 7,4 °/₀ de matière résineuse.

Un autre échantillon, qui n'avait été exposé à la lumière que pendant 2 mois, était devenu cassant, avait augmenté en poids de 3,6 °/₀ et céda à l'alcool 21,5 °/₀ de matière résineuse ; tandis qu'un morceau de la même feuille, gardé dans l'obscurité, n'avait subi aucune modification sensible.

Il ressort de ces expériences que c'est l'air ou plutôt l'oxygène de l'air aidé par l'intervention de la lumière solaire qui agit sur la gutta-percha pour en modifier profondément la constitution immédiate. Le degré d'altérabilité varie d'ailleurs suivant la nature de la gomme-résine elle-même. Tout moyen employé pour arrêter ou pour retarder cette oxydation est donc un préventif utile contre la destruction de la gutta-percha. C'est ainsi que Gérard a préconisé comme préventif l'incorporation de 10 à 12 °/₀ de cire ou de suif.

Mais le seul procédé connu jusqu'à ce jour comme réellement utile pour empêcher *la résinification* consiste à placer cette substance dans l'eau. Pratiquement, elle y est indestructible et il n'existe pas un seul exemple d'un câble sous-marin dont la gomme-résine dans sa partie immergée, ait eu à souffrir de l'action de l'oxygène. Aussi, certaines compagnies n'ont-elles pas hésité à enfermer, dans les pays chauds surtout, les lignes souterraines faisant suite aux câbles sous-marins, dans des conduites remplies d'eau en permanence, à l'aide de réservoirs placés sur les points culminants du terrain. Dans les conduites sèches où le câble est en contact avec l'air la gutta-percha finit par se rétrécir, devenir friable en laissant le conducteur en cuivre à découvert.

Edwin Clark avait reconnu, en 1852 déjà, que dans le travail d'épuration auquel il est nécessaire de soumettre la gutta-percha, celle-ci s'unit mécaniquement à une certaine quantité d'eau qui, sous l'influence des variations de température auxquelles la matière est soumise pendant le travail même, s'évapore partiellement en laissant à sa place une résine plus ou moins poreuse.

Une bonne gutta-percha tirée d'un morceau de câble de fabrication récente et analysée par Miller en 1860 contenait 15 °/₀ de résine et 2,5 °/₀ eau. Bien que les procédés d'épuration aient été beaucoup perfectionnés depuis lors, il semble résulter d'expériences faites en 1876 par le professeur Abel qu'au point de vue des produits oxydés fournis aux dépens de la gomme-résine et de l'eau interposée on n'ait réalisé aucune amélioration. Une feuille de gutta-percha extra supérieure lui donna, en effet, 12,7 °/₀ de résine et 5 °/₀ Eau. Ces proportions variaient respectivement entre 20 et 27,5 °/₀ et 3 et 13

°/₀ dans 7 autres échantillons qu'il examina. En les classant ensuite d'après leurs valeurs commerciales, il reconnut qu'il n'existait aucune relation directe entre ces valeurs et les proportions de résine et d'eau contenue dans les gommes soumises aux essais.

L'analyse des guttas-perchas de qualité supérieure exposées plusieurs années à l'air, à la lumière lui démontrèrent, en outre, que l'oxydation sous l'influence de ces deux causes ne se poursuivait plus qu'avec lenteur lorsque, par une mastication prolongée, la gomme était devenue suffisamment compacte : la proportion d'eau interposée permet de se rendre compte au moins approximativement de l'état auquel la matière est arrivée sous ce rapport. Cette transformation ou oxydation n'a d'ailleurs pas lieu d'une façon constante. Alors que certains articles résistent à toute détérioration, d'autres échantillons soumis aux mêmes conditions s'altèrent au point de tomber en poussière dès qu'on les touche. Cette anomalie s'explique aisément si l'on veut considérer que les gommes commerciales ayant servi aux expériences sont de composition essentiellement variable, et ne proviennent jamais (on peut l'affirmer hardiment) ni du même végétal, ni même d'un mélange dans des proportions identiques de gommes d'espèces différentes.

La composition élémentaire de ces résines a été étudiée par Hoffmann et Miller ; mais les résultats ne sont pas concordants :

	Carbone	Hydrogène	Oxygène
Hoffmann	62,79	9,29	27,92
Miller	76,15	11,16	12,69

Nous avons dit que la gutta-percha se conserve indéfiniment dès qu'elle est submergée dans l'eau, et plus particulièrement dans l'eau de mer. Et cependant, le temps finit par avoir raison de cette matière inattaquable aux agents chimiques tenus en dissolution dans l'eau de mer ; un autre ennemi vient les y remplacer : nous voulons parler des *infiniment petits* habitant la mer.

Le moins nuisible de ces animaux inférieurs est le Teredo navalis.

Le *Teredo navalis* est une sorte de ver, de couleur grisâtre, appartenant au genre mollusques acéphales qui atteint parfois jusqu'à 30 centimètres de long.

On a émis l'opinion que les animaux du genre teredo n'attaquaient la gutta-percha que pour la goûter et les faits semblent confirmer cette assertion : lors d'une réparation du câble de Douvres à Calais en 1851, on constata la disparition complète du chanvre sur tous les points où la corrosion du fer l'avait mis à découvert : mais l'âme n'était perforée que de deux trous pénétrant jusqu'au fil de cuivre. D'un autre côté, tous les bouts de câble d'expérience Douvres-Calais en 1850, qui ont été retirés de la mer jusqu'à présent, ont toujours été trouvés sans la moindre trace d'attaque d'un animal

quelconque. Or, ce câble ne comprenait qu'un fil de cuivre, recouvert de gutta, sans aucune protection extérieure.

Le *Limnoria lignorum* ou *ténébrans*, le plus redoutable ennemi de la gutta-percha, est un petit crustacé de la grosseur de la fourmi, qui se glisse facilement à travers les interstices les plus étroits que laissent entre eux les fils de l'armature pour arriver jusqu'à l'âme qu'il perfore de part en part. Sa tête est armée de cinq ou six paires de crocs ; des pattes semblables à celles des homards sont attachées aux six premiers anneaux de son corps. Ce dernier en porte également une paire.

A terre la gutta-percha est exposée aux attaques d'autres animaux encore parmi lesquels nous citerons les rats, dont chacun connaît les ravages dans les égouts, et le *Templetonia cristallina*, insecte microscopique de la famille des *Podura*. On peut préserver les fils en noyant ces mêmes fils recouverts de gutta dans du ciment.

Comme tous les carbures d'hydrogène à coefficient élevé, la gutta-percha est extrêmement *inflammable*, brûle avec une flamme éclatante avec émission d'étincelles, en laissant couler un résidu noir à la manière de la cire à cacheter à laquelle elle ressemble dans le phénomène de sa combustion. Elle est mauvaise *conductrice de la chaleur ;* mais,comme elle est très impressionnable sous une température quelque peu considérable, cette propriété n'a pu être utilisée ni par la science pure, ni par l'industrie.

Il n'en est pas de même de l'*électricité* dont elle est également mauvaise conductrice, à un degré tel que la gutta-percha est à juste titre considérée comme la matière plastique diélectrique par excellence.

Elle s'électrise rapidement par le frottement et l'industrie a cru devoir tirer parti de cette propriété en remplaçant dans les machines électro-statiques le disque de verre trop cassant par un disque en gomme-résine tout aussi bon et en même temps moins fragile. Malheureusement, avec le temps ces disques en se résinifiant au contact de l'air s'oxydent, se fendillent, et l'avantage des premières heures devient un grave inconvénient.

Frottée avec du verre, de la laine, etc., la gutta-percha devient électro-négative. Cependant, si on exerce cette friction après qu'elle a séjourné pendant quelque temps à l'air libre et qu'elle a acquis ainsi une coloration gris-bleu caractéristique, elle devient électro positive d'après Ries. Débarrassée d'un côté de cette couche colorée par un lavage à l'éther ou à l'essence de térébenthine et frottée avec de la laine ou du verre, elle redevient électronégative, tandis que l'autre côté non lavé devient, dans les mêmes conditions, électro positive. En la frottant doucement avec un morceau de soie on peut lui faire produire des étincelles de $0^m,025$ de longueur.

C'est à Faraday que revient l'honneur d'avoir le premier constaté, en 1843, le pouvoir isolant de la gutta-percha et d'avoir prévu les applications que l'on pourrait tirer de cette matière employée comme *diélectrique*. Cette faculté très remarquable n'est pas amoindrie, même dans les conditions atmosphériques où le verre devient bon conducteur. Plongée sous l'eau et dans la terre, malgré les

causes de détérioration de toutes sortes, malgré l'action de l'humidité, de la moisissure et même des insectes, la gutta conserve intactes ses propriétés d'isolement si remarquable.

Le *pouvoir isolant* de la gutta-percha ou la résistance que cette matière offre au passage du courant électrique, mesurée relativement au cuivre pris pour unité est, d'après Wunschendorff, toutes dimensions égales, à la température de 24° C approximativement 60,000,000,000,000,000,000 ou

$$6 \times 10^{19}$$

(On peut se faire une idée de l'énormité de ce nombre en remarquant que la lumière dont la vitesse est d'environ 77 000 lieues par seconde, mettrait plus de 6 000 ans à franchir la distance que le même nombre exprimerait en mètres).

Nous savons déjà que les différentes guttas-perchas naturelles ont des propriétés diverses et que l'industrie a été conduite à mélanger les guttas supérieures, fibreuses, ayant plus de durée et plus de résistance mécanique avec des gommes gutteuses inférieures qui possèdent un pouvoir isolant plus considérable et une capacité électrostatique plus faible. Il en résulte que la résistance d'isolement et la *capacité électrostatique spécifique* de la gutta-percha, rapportées à l'unité de volume, varient entre certaines limites et doivent être déterminées, dans chaque cas particulier. Les guttas-perchas du commerce étant d'ailleurs elles-mêmes déjà des mélanges de guttas naturelles, les fabricants de câbles électriques, pour connaître exactement la valeur des gommes qu'ils achètent ou qu'ils se proposent d'employer, sont dans l'obligation de confectionner environ 500 mètres d'âme avec la gutta-percha de chaque lot et d'en étudier ensuite les propriétés électriques.

La résistance d'isolement *R* d'un cylindre annulaire diélectrique quelconque est représentée par la formule

$$R = \frac{A \log \frac{D}{d}}{L}$$

dans laquelle *A* désigne une constante, *D* et *d* les diamètres extérieurs et intérieurs du cylindre, *L* sa longueur. Pour un câble en gutta-percha on a approximativement par mille marine

$R = 750 \log \frac{D}{d}$ méghoms, au bout d'une minute d'électrisation et après vingt-quatre heures d'immersion dans l'eau à 24° C. Lorsque le câble est de fabrication récente, la valeur de A peut n'atteindre que les 2/3 de celle indiquée ci-dessus.

La résistance d'isolement de la gutta-percha diminue d'ailleurs très rapidement à mesure que la température s'élève. La loi de la variation est représentée par une relation de la formule

$$\frac{R}{r} = A^t$$

dans laquelle R et r désignent respectivement les résistances à la plus basse et à la plus haute des deux températures considérées, dont la différence est de t degrés et A une constante.

Le coefficient A doit être déterminé pour chaque qualité de gutta-percha du commerce. Si t est exprimé en degrés centigrades, la valeur de A, pour une gutta de qualité moyenne, est d'environ 0,87604. On a alors

$$\log. R = \log. r + \log. 0,87604.$$

Le tableau que nous donnons plus loin donne une idée de la variation de la résistance de la gutta-percha à différentes températures, mais ne saurait être appliqué avec quelque précision à n'importe quelle espèce de gomme résine indistinctement (J. Munro, A. Jamiesons Poket Book, 1885).

La pression augmente la résistance de la gutta-percha ; si l'on désigne par r sa résistance à la pression atmosphérique, par R celle à la pression p exprimée en kilogramme par centimètre carré on aura

$$R = r\,(1 + 0,00327\,p).$$

La capacité électrostatique spécifique de la gutta, relativement à celle de l'air prise pour unité, est d'environ 4,2. La capacité C d'un cylindre annulaire de diamètres extérieur et intérieur D et d est donné par la relation

$$C = A \frac{L}{\log \frac{D}{d}}$$

L représentant la longueur du cylindre ; A étant une constante. Pour un câble en gutta-percha, on a *approximativement* par mille marin

$$C = \frac{0,18769}{\log \frac{D}{d}} \text{ microfarads.}$$

La constante 0, 18769 varie avec la qualité de la gutta-percha.

Résistances relatives (après une minute d'électrisation) *à différentes températures, de la gutta-percha ordinaire pour des âmes dans lesquelles l'épaisseur de la gomme-résine ne dépasse pas* 2^{mm}, 79 (W. Smith).

(Le poids de gomme-résine nécessaire pour obtenir une âme de diamètre D, avec un conducteur de diamètre d, D et d étant exprimés tous deux en millimètres, est d'environ

$$1,43\,(D^2 - d^2) \text{ kilogrammes}$$

Température centigrade	Résistance relative	Logarithme de la résistance	Température centigrade	Résistance relative	Logarithme de la résistance
0,0	23,622	1,373 317	19,4	1,801	0,255 516
0,5	21,947	1,341 375	20,0	1,673	0,223 496
1,1	20,391	1,309 439	20,5	1,555	0,191 730
1,6	18,945	1,277 495	21,1	1,444	0,159 567
2,2	17,602	1,245 562	21,6	1,342	0,127 753
2,7	16,354	1,213 624	22,2	1,247	0,095 867
3,3	15,995	1,181 701	22 7	1,158	0,063 709
3,8	14,117	1,149 742	23,3	1,076	0,031 812
4,4	13,116	1,117 801	23,8	1.000	0,000 000
5	12,188	1.085 861	24,4	0.9418	1,973 959
5,5	11,322	1,053 923	25	0,8870	1,947 924
6,1	10,520	1,022 016	25,5	0,8354	1,921 895
6,6	9,774	0,990 072	26,1	0,7867	1,895 809
7,2	9,081	0.958 134	26,6	0,7410	1,869 818
7,7	8,437	0,926 188	27,2	0,6978	1,843 731
8,3	7,839	0,894 261	27,7	0,6572	1,817 698
8,8	7,283	0,862 310	28,3	0,6190	1,791 691
9,4	6,767	0,830 396	28,8	0,5829	1,765 594
10,0	6,287	0,798 444	29,4	0,5490	1,739 572
10,5	5,841	0,766 487	30	0,5171	1,731 575
11,1	5,427	0,734 560	30,5	0,4870	1,687 529
11,6	5,042	0,702 603	31,1	0,4586	1,661 434
12,2	4,685	0,670 710	31,6	0,4319	1,635 383
12,7	4,353	0,638 789	32,2	0,4068	1,6[illegible]9 381
13,3	4,044	0,601 811	32,7	0,3831	1,583 312
13,8	3,757	0,574 841	33,3	0,3608	1,557 267
14,4	3,491	0,512 950	33,8	0,3398	1,531 223
15	3,244	0,511 081	34,4	0,3000	1,505 150
15,5	3,013	0,478 999	35	0,3014	1,479 143
16,1	2,800	0,447 158	35,5	0,2839	1,453 165
16,6	2,601	0,415 140	36,1	0,2674	1,407 161
17,2	2,417	0,383 277	36,6	0,2518	1,401 051
17,7	2,245	0,351 216	37,2	0,2371	1,374 992
18,3	2,086	0,319 314	37,7	0,2233	1,348 889
18,8	1,938	0,287 354			

Action des dissolvants. — Considérée au point de vue de la solubilité, la gutta-percha résiste à l'action de la plupart des dissolvants. Elle est complètement *insoluble dans l'eau* froide, et si elle se ramollit dans l'eau bouillante et la vapeur, elle n'en reste pas moins toute entière, quelle que soit la température du véhicule eau, et s'y conserve presqu'inaltérable. Cependant, la gomme se gonfle dans l'eau bouillante, absorbe 5 à 6 °/₀ d'eau qu'elle n'abandonne ensuite que lentement, si on l'abandonne à elle-même. Si, au contraire, on la chauffe à 150° C à l'état gonflé et hydraté, elle abandonne rapidement son eau d'interposition, mais sans subir de changements constitutionnels. *Elle est presqu'insoluble dans l'alcool froid à faible degré*, sa solubilité augmente par la surélévation du degré alcoolique et par l'élévation de la température, et si on la fait bouillir dans l'alcool absolu, elle perd environ 15 à 20 °/₀ de ses principes constituants (corps résineux oxygénés).

Si, d'après Payen, *l'éther ne dissolvait qu'une faible proportion de gutta-percha*, elle se *dissoudrait intégralement dans ce véhicule* d'après Arpe, mais à la condition que l'éther soit absolument pur, c'est-à-dire exempt d'alcool. L'éther additionné, même d'une faible

quantité d'alcool, perdrait la propriété de dissoudre complètement la gomme résine.

Elle se dissout partiellement à chaud dans l'essence térébenthine, les huiles de schiste, l'huile d'olive, et mieux encore dans la benzine. Les meilleurs dissolvants sont le sulfure de carbone et le chloroforme ; ces agents ne la gonflent pas comme le caoutchouc ; la dissolution se fait peu à peu de la surface à l'intérieur. On obtient ainsi des liqueurs troubles, mais qui, après filtration, deviennent parfaitement limpides et incolores. En faisant évaporer les agents de dissolution, on peut préparer *la gutta-percha à l'état de pureté* : en cet état elle présente à peu près l'aspect de la cire vierge.

Les dissolutions faites à chaud laissent déposer la gutta-percha en grumeaux lors du refroidissement : l'alcool la précipite d'ailleurs de ses dissolutions, mais le produit précipité retient fréquemment entre ses pores des traces de dissolution employée et rend le précipité poisseux : ce phénomène a lieu surtout lorsque le dissolvant employé est la benzine.

Action des réactifs. — Les solutions alcalines concentrées, les solutions salines, les acides dilués, l'acide fluorhydrique lui-même sont sans action sur elle, et ce sont les travaux de Staedeler à ce sujet publiés dans les *Annales de Chimie et de Pharmacie* (t. LVII, p. 137), qui ont donné naissance à l'industrie des bouteilles en gutta-percha pour le transport et la conservation de cet acide à l'état liquide.

L'acide sulfurique concentré la dissout en se colorant en brun et en dégageant de l'acide sulfureux. L'acide azotique l'attaque en produisant des vapeurs nitreuses et, d'après Oudemans, les produits de la réaction consistent en acide formique et cyanhydrique. L'acide chlorhydrique très concentré l'attaque également à la longue.

D'après Berthelot (*Bullet. de la Société chimique*, 1869, XI, p. 33), une partie de gutta-percha aussi pure que possible chauffée à 280° avec 80 parties d'acide iodhydrique produit l'hydrogénation complète de la matière : il se produit des carbures saturés bouillant à une très haute température.

Ayant examiné le produit de cette réaction, Berthelot reconnut qu'il ne renfermait aucun carbure volatil à basse température, ni même aucun carbure volatil au-dessous de 360°. C'est une matière visqueuse assez semblable au caoutchouc fondu qui retient opiniâtrement de l'eau interposée. Lorsqu'on la chauffe, elle se boursoufle beaucoup et d'une manière explosive, à mesure que l'eau se dégage. Mais l'eau n'entraîne aucun carbure volatil en s'évaporant. Quand l'eau est entièrement éliminée, on peut élever la température jusqu'à 350° sans que le carbure distille et ce n'est qu'en poussant plus haut qu'il passe enfin à la distillation, mais sans éprouver de décomposition apparente.

Le carbure ainsi obtenu offre les réactions générales des carbures forminiques : résistance au brôme, à l'acide nitrique fumant et froid, à l'acide sulfurique fumant et tiède, etc.

Composition chimique

La gutta-percha du commerce n'est pas, même à l'état de pureté absolue, une matière simple, dont on puisse dès l'abord étudier les principes élémentaires : c'est un composé de plusieurs principes immédiats dans les proportions plus ou moins variables selon l'origine botanique et selon les différentes manipulations auxquelles elle a été soumise.

Il est donc impossible de procéder à l'étude de sa composition chimique avant d'avoir indiqué la méthode de préparation de la gutta-percha chimiquement pure et le mode de séparation de ses principes immédiats connus.

Payen, à qui nous devons la connaissance de presque tous les faits chimiques relatifs à la gutta-percha, commence la préparation de la matière pure en dissolvant dans le sulfure de carbone, filtrant et laissant s'évaporer à l'air, sur une plaque de marbre ou une glace sans tain. Après dessiccation complète, on détache les plaques de gomme-résine épurée en les recouvrant d'eau froide qui fait cesser l'adhérence au bout de quelques instants.

Pour 100 parties de matière commerciale ainsi traitée, on obtient, suivant Miller, la composition moyenne suivante :

Gutta-percha épurée	79,70
Résines	15,10
Fibres végétales	2,18
Eau	2,50
Cendres	0,52
	100,00

D'une gutta-percha ainsi épurée, Arpe a extrait six résines différentes qui présentaient des variations sensibles sous le rapport de leur solubilité dans l'éther et dans l'alcool à degrés différents, ainsi que des températures auxquelles on opérait. Il a établi différentes formules, d'ailleurs absolument hypothétiques, pour la composition de ces resines, car l'on ne connait pas de combinaisons salines de ces résines qui permettent de fixer leur poids atomique.

Payen, en traitant la gutta-percha épurée comme il a été dit précédemment, par l'alcool froid, puis par l'alcool bouillant, a démontré qu'il y existait trois principes immédiats bien distincts dans les proportions moyennes suivantes :

Gutta (insoluble dans l'alcool froid et dans l'alcool bouillant) 78 à 82 °/₀.

Fluavile (soluble dans l'alcool froid) 4 à 6 °/₀.

Albane (soluble dans l'alcool bouillant) 14 à 16 °/₀.

Pour isoler chacun de ces principes l'un de l'autre, on traite la gutta-percha épurée par l'alcool bouillant pendant plusieurs heures

et on filtre. La solution alcoolique laisse déposer, après 1 à 2 jours de repos, une granulation abondante de matière blanche et opalescente. Ces grains sont composés d'un noyau soluble dans l'alcool absolu (matière jaune amorphe), tandis que l'enveloppe extérieure y est insoluble et devient de plus en plus blanche et diaphane.

En soumettant la masse granulée à plusieurs lavages à l'alcool froid, la fluavile se dissout, tandis que l'albane reste insoluble. Après avoir soumis la gutta-percha à une série d'ébullitions dans l'alcool, il reste finalement comme résidu la matière chimiquement pure appelée gutta par Payen.

La fluavile est une résine jaunâtre diaphane, un peu plus lourde que l'eau; elle est dure et cassante à 0°, se ramollit vers + 50°, devient pâteuse à + 60° (à + 42° d'après Oudemans) et complètement fluide de + 100-110°. Elle se décompose à une plus haute température en divers carbures d'hydrogène peu définis. Elle est soluble à froid dans l'alcool, l'éther, la benzine, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, le chloroforme.

Lorsque les dissolvants s'évaporent, elle se dépose en une masse amorphe. Elle résiste aux acides dilués et concentrés, aux liquides alcalins, mais elle est rapidement détruite par les acides sulfurique et nitrique.

Sa composition élémentaire a été déterminée par Oudemans (*Rep. de Chimie appliquée*, 1858-59, p. 455) et donne

	(I)	(II)
Carbone	83,36	83,52
Hydrogène	11,17	11,42
Oxygène	5,47	5,06

et correspondrait ainsi à la formule $C^{20}H^{32}O$

D'après Oudemans, la fluavile ne serait autre qu'un dérivé par oxydation de la gutta.

L'albane est une résine blanche, cristalline avec apparence de formations lenticulaires; examinée au microscope elle se présente sous la forme de follicules diaphanes rayonnés. Elle est plus dense que l'eau, fusible seulement à + 160° (+ 140° d'après Oudemans); inattaquable par l'acide chlorhydrique. Elle est soluble dans la benzine, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, l'éther, le chloroforme et l'alcool anhydre bouillant. 100 parties d'alcool en dissolvent à froid 5, 1 parties, et à l'ébullition 54 parties. Elle cristallise par refroidissement de ses dissolutions.

Voici les chiffres donnés par Oudemans pour sa composition

	(I)	(II)
Carbone	78,87	78,95
Hydrogène	10,58	10,31
Oxygène	10,55	10,74

ce qui correspond à la formule $C^{20}H^{32}O^{2}$.

Chauffée à 130° elle se transformerait en $C^{20}H^{30}O$.

Lorsqu'on abandonne au refroidissement l'alcool bouillant qui a

servi à épuiser la gutta-percha, il se dépose des granulations blanches arrondies, formées d'un nucleus de fluavile recouvert d'une incrustation cristalline d'albane dont on peut séparer les 2 matières au moyen de l'alcool froid comme nous l'avons déjà vu.

La gutta, l'élément principal de la gutta-percha commerciale, est solide, souple, extensible, mais non élastique, entre + 10 à + 30° C. Elle se ramollit à environ + 45° C et commence à se colorer en brun foncé; au fur et à mesure que la température s'élève, elle devient plus visqueuse et plus transparente. A + 100-110°C elle s'étend en pâte molle pour se liquéfier à + 130 C, entre alors en ébullition pour donner à la distillation divers carbures d'hydrogène analogues à ceux que fournit la distillation du caoutchouc.

En présence des acides, de l'alcool dilué, de l'éther et du chloroforme elle se comporte comme la gutta-percha.

La gutta, selon Arpe, ne serait insoluble dans l'éther qu'autant qu'elle aurait été traitée auparavant par l'alcool. Si on la chauffe avec l'acide nitrique, elle donne de l'acide formique et une grande proportion d'acide cyanhydrique ; réduite en poudre, elle absorbe l'oxygène avec rapidité ; l'acide chlorhydrique gazeux la transforme en une matière brune-noire qui se contracte à sa surface et présente l'aspect d'un corps fondu. Son instabilité est très grande et il est difficile de la conserver intacte, à moins que l'on ne la submerge dans une dissolution de chlorure de sodium. Soubeyran a le premier analysé la gutta, mais il n'a pas réussi à séparer complètement l'albane et la fluavile. Sa composition élémentaire serait, d'après ce savant :

C.	83,5
H.	11,5
O.	5,0

D'après Oudemans, la composition moyenne élémentaire serait :

	(I)	(II)	(III)
C.	87,64	88,10	83,20
H.	11,79	11,77	12
O.	0,57	0,13	—

et répondrait ainsi à la formule $C^{20}H^{32}$ ou $C^5.H^8$.

Baumhauer a confirmé les résultats trouvés par Oudemans sur la composition élémentaire de la gutta, de l'albane et de la fluavile. D'après lui, la gutta-percha commerciale pure se composerait essentiellement d'un hydrocarbure $C^{20}H^{32}$ identique avec la gutta d'Oudemans et de plusieurs produits d'oxydation de la même matière.

Baumhauer a préparé ses produits en épuisant la gutta-percha commerciale préalablement lavée à l'eau et à l'acide chlorhydrique, soit par l'éther qui abandonne la gutta à l'état d'une matière pulvérulente blanche, soit en dissolvant la matière dans le chloroforme et en versant la solution dans de l'alcool qui précipite des flocons

ances de gutta qui, pour devenir purs, ont besoin d'un lavage bien igné à l'alcool absolu bouillant.

D'après Miller, la formule de la gutta serait $C^{20}H^{30}$, mais nous clinerions plus volontiers vers les données d'Oudemans qui se sument en cette opinion déjà émise que la gutta-percha commer- ile pure renferme un hydrocarbure $C^{20}H^{32}$ mélangé à divers oduits d'oxydation $C^{20}H^{32}O$ et $C^{20}H^{32}O^2$.

On ne connaît pas les relations qui pourraient exister entre ces rniers produits et le produit de l'oxydation spontanée et ultérieure la gutta.

Par la distillation sèche la gutta se décompose de la même nière que le caoutchouc. C. Gréville Williams a réussi à séparer hydrocarbures suivants : isoprène, caoutchine et hévéène dans proportions suivantes

Caoutchouc.	20 %
Isoprène, etc.	5

Pendant la distillation il se dégage un acide volatil considéré par ossom comme l'un des membres inférieurs de la série $C^nH^{2n}O^2$. peut, par conséquent, considérer le caoutchouc pur et la gutta atière non oxydée principale de la gutta-percha) comme deux mposés isomères de la même série.

Nous serions injustes si nous passions sous silence l'opinion émise r Blœkrode, d'après lequel le suc des palaquiums renfermerait un ıl et même principe, la gutta, et les différentes substances que n y trouverait proviendraient exclusivement des altérations qu'il bit pendant sa récolte, et c'est là ce qui expliquerait les différences qualités constatées sur les produits importés actuellement et qui, contestablement, sont supérieurs à ceux d'il y a quelques années l'on ne connaissait pas encore les procédés par la saignée et où battage seul était en honneur.

Propriétés physiques et chimiques de la gutta-percha dite gutta- une des îles de la Sonde (Orig. botanique Payena Lerii, Mayang, ndeck). MM. Ed. Heckel et L. Schlagdenhauffen ont étudié, en 1888, mparativement aux guttas-perchas des palaquiums les gommes sines provenant des Payenas, des Mimusops et des Bassias, et nous croyons pas inutile au but que nous poursuivons de donner quel- es extraits de leurs patientes recherches. Nous ne serons pas tou- urs d'accord avec leurs conclusions, mais, nous l'avons dit, de la scussion jaillit la lumière et cette lumière, nos lecteurs le savent en, est bien nécessaire dans un sujet comme celui que nous traitons.

Les échantillons soumis à l'analyse de ces savants se présen- ient sous la forme d'une masse jaune blanc, dure, mais se rayant sez facilement à l'ongle, se ramollissant davantage que les guttas s Mimusops dont nous parlerons ultérieurement, et adhérant plus tement à la main qui les avait ramollis par la chaleur.

Ils revêtaient uniformément l'aspect de boules rondes, du poids de 0 à 200 grammes, un peu tourmentées et aplaties en certains

points, ce qui leur donnait une ressemblance frappante avec un tubercule de pomme de terre récemment épluchée.

En traitant la substance par l'alcool bouillant, on obtient un liquide jaune poisseux qui, après évaporation spontanée, abandonne de petits cristaux aiguillés. En opérant sur 5 grammes, il est resté 1gr,5 seulement de résidu; par conséquent, 3gr,5 ont été dissous dans l'alcool.

50 grammes de matière brute ont donné 35 grammes d'extrait qui, repris par l'éther de pétrole, a fourni soluble dans le véhicule une partie poisseuse avec cristaux soyeux presqu'incolores.

Le composé cristallin A ainsi obtenu est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, la benzine et le sulfure de carbone; il est sans action sur le tournesol, fond à + 65° et donne en se refroidissant un vernis dur et transparent. Il résiste à l'action de la potasse fondue; l'acide sulfurique concentré le colore en jaune brun passant à la longue au violet. L'acide nitrique l'attaque déjà à froid et très vivement à la température du bain-marie. La réaction ne fournit ni acide oxalique, ni acide picrique. La composition de la substance cristallisée A a été établie d'après les résultats de leurs analyses

Acide carbonique	0,4615; d'où	C °/₀	67,930
Eau	0,2175	H °/₀	12,083
Différence.		O	19,987

d'où la formule $C^5H^{10}O$.

La matière poisseuse dont il a été question plus haut se retrouve dans les eaux-mères des cristaux. Conservée et exposée aux variations de température depuis — 5° à + 18°C elle est restée d'une limpidité parfaite. L'analyse a relevé une identité presque complète au point de vue chimique avec le produit cristallisé; même solubilité dans divers véhicules, à l'exception de l'éther de pétrole qui le dissout en totalité, tandis qu'il attaque à peine les cristaux; même réaction de couleur avec l'acide sulfurique, même décomposition sous l'influence de l'acide nitrique, même résistance enfin à l'action de la potasse en fusion. Appliquée en solution avec le chloroforme ou le pétrole sur des verres, du bois ou tout autre corps dur, elle peut tenir lieu de vernis.

Mais sa composition élémentaire n'est pas la même. Les auteurs ne lui trouvent, en effet, que 49,635 de carbone au lieu de 67,930 et 11,305 hydrogène à la place de 12,083. Elle renferme par conséquent beaucoup plus d'oxygène.

Au point de vue des propriétés physiques elle pourrait, du premier abord, être confondue avec la fluavile, mais la composition moléculaire en est complètement différente.

La matière qui reste après épuisement du produit brut au moyen de l'alcool possède, d'après les auteurs, toutes les qualités d'un excellent caoutchouc. Elle se laisse étirer en fils minces et revient sur elle-même en raison de sa grande élasticité.

D'après Heckel et Schlagdenhauffen, la gutta jaune des îles de Sonde ne serait donc autre chose qu'un mélange de 30 °/₀ de caoutchouc et de 2 résines, l'une cristallisable et l'autre poisseuse.

Propriétés physiques et chimiques de la gutta d'Abyssinie tirées du mimusops Schimperi et Kummel (de Hochst).— Les échantillons soumis à l'analyse provenaient de l'envoi d'un M. Jambert, d'origine française, devenu ministre de Mélenick au Choa. La matière se présentait sous l'aspect d'une masse dure, d'un brun sale, mais d'une couleur moins noire que la gutta (de palaquium) commerciale.

Elle se rayait cependant facilement à l'ongle et, tenue entre les mains, elle ne tardait pas à se ramollir légèrement et à devenir adhérente à la peau sans que toutefois l'adhérence augmentât par la chaleur.

Les auteurs ont traité la matière par l'eau tiède d'abord, puis par l'eau bouillante, pour en séparer aussi bien que possible les débris de végétaux et autres impuretés qu'elle pouvait contenir.

En laissant ensuite le liquide refroidir et brassant vigoureusement la bouillie grisâtre, ils ont pu fixer autour de l'agitateur une substance de même couleur plus ou moins élastique, entièrement différente du dépôt granuleux non adhérent resté au fond de la capsule.

Malgré divers traitements renouvelés à l'eau chaude et une action prolongée, ils ne sont pas parvenus à agglutiner cette dernière portion. La cause de la résistance à la plasticité tient à la quantité considérable de sels fixes contenus dans le dépôt, puisqu'une analyse faite sur 0,627 de substance leur y a révélé 0,127 de cendres. Le dépôt qui tombe au fond de l'eau renferme donc, d'après ces données

Matière organique	72,54	100.
Cendres	27,44	

La matière adhérente et élastique, d'un brun terreux, a été malaxée ensuite entre les doigts jusqu'à obtention d'une masse homogène.

Celle-ci présente assez d'analogie avec la gutta ordinaire comme aspect extérieur, se ramollit dans l'eau, mais conserve toujours une élasticité considérable et reste excessivement adhésive. En raison de ces défauts, elle ne pourra donc jamais, sans modification ou transformation préalable de la matière, être substituée à une bonne gutta commerciale.

De nombreux essais ont été tentés dans le but de faire disparaître ces inconvénients, ou tout au moins de les atténuer mais toujours sans succès : des variations brusques de température et de pression ne leur ont fourni que des résultats négatifs. En présence de ces faits peu encourageants pour les applications du produit, ils ont cherché à l'associer à de la gutta ordinaire, dans la pensée que l'excès d'élasticité et d'adhésivité pourraient être masqués par la plasticité de la gutta de meilleure qualité.

Dans ce but ils ont préparé 2 mélanges contenant la gutta

d'Abyssinie, et les ont remis au chef de l'imprimerie Berger-Levrault avec prière de leur faire connaître si, dans ces conditions, le produit nouveau pourrait avoir une application industrielle et servir notamment à prendre des moules de clichés en taille douce destinés à la confection des galvanos. La solution du problème ne se fit pas longtemps attendre : les essais ont fourni d'excellents résultats.

Pour découvrir la cause de la différence si marquée entre ces deux variétés de gutta, les auteurs ont cherché la manière dont elles se comportent en présence de divers agents chimiques. Leurs premiers essais se sont portés naturellement sur les dissolvants tels que l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, etc. Or, tandis que l'alcool ne dissout pas la gutta ordinaire, la matière Abyssinie s'y dissout dans la proportion de 42 °/₀.

La solution bouillante est incolore. Par refroidissement, dépôt d'un produit blanc d'aspect mamelonné sans apparence cristalline. Le microscope y révèle, il est vrai, quelques rares aiguilles qui ne peuvent être éliminées par aucun des véhicules employés successivement dans ce but. Les auteurs en concluent que la substance est amorphe avec tendance à cristallisation. En la reprenant à plusieurs reprises par l'alcool bouillant elle finit par être blanc de neige. Le composé de nature résineuse est fusible à 107°. Chauffé jusqu'à 230°, il se maintient fondu sans la moindre altération, mais à une température plus élevée il brunit et il se décompose. Il est soluble dans l'alcool ordinaire, le méthylène, l'acétone, la benzine, le chloroforme, l'éther, l'essence de térébenthine, l'éther de pétrole et le sulfure de carbone. Il ne se dissout pas dans la potasse bouillante et ne fournit pas de produits de dédoublement par l'action de la potasse en fusion. L'acide nitrique l'attaque très vivement et donne lieu, entre autres, à un corps cristallisé, à l'acide oxalique et à l'acide picrique.

Sa formule est formule C^5H^8O ou $C^{20}H^{32}O^4$

Il peut donc être considérée comme un produit d'oxydation de l'albane $C^{20}H^{32}O^2$ contenu dans la gutta ordinaire, mais il en diffère par ses propriétés chimiques. De plus, il ne possède aucun des caractères de la fluavile $C^{20}H^{32}O$ qui accompagne l'albane dans la gutta ordinaire. Ces deux résines dont la première est cristallisée et blanche, l'autre amorphe et translucide, sont associées à la gutta.

Gutta	75, 82 °/₀
Albane	19, 14 °/₀
Fluavile	6, 14 °/₀

tandis que la gutta mimusops ne contient que la résine blanche non cristallisable dont nous venons de donner l'analyse et qui fournit 42 °/₀ de produit brut. Le reste, c'est-à-dire de 58 °/₀ de matière insoluble dans l'alcool, constitue un corps bien foncé dont l'aspect rappelle celui de la gutta ordinaire et qui, comme elle, est soluble

dans l'éther et complètement insoluble dans l'alcool ordinaire, le méthylène et l'acétone. Le produit contient 9,80 °/₀ de résidu fixe presque uniquement dû à du sulfate de chaux.

La composition du mimusops peut donc être notée :

Gutta	48,20	
Sels fixes	9,80	= 100
Résine amorphe.	42	

Le produit brut, ainsi que la gutta purifiée après élimination préalable de la totalité de la résine, ou mieux encore d'une partie seulement de cette résine, peut être utilisé comme nous venons de le dire. *Pour obtenir le composé le plus favorable à la confection des galvanos* ils font bouillir la substance brute avec son poids d'alcool à 90°, les auteurs filtrent et se servent du gâteau qui reste pour l'incorporer en proportions égales à la gutta du commerce.

Propriétés physiques et chimiques de la Gutta-Percha tirée du Bassia Parkii ou gomme de l'arbre de Karité. — La densité de ce produit à l'état brut est de 0,976, tandis que Payen donne à la gutta-percha des palaquiums brute celle de 0,975.

Elle s'électrise aussi facilement que cette dernière par le frottement, et peut dès lors, au même titre, servir de corps isolant. Elle se ramollit dans l'eau chaude de la même façon que la gutta commerciale et devient adhésive comme elle à la température voisine de l'ébullition. Au point de vue chimique il existe cependant quelques différences.

Car les deux produits ne se comportent pas d'une manière identique à l'égard des dissolvants. La gutta de Bassia traitée par l'éther de pétrole, l'éther ordinaire, la térébenthine et l'acide acétique bouillant cède à ces véhicules moins de principes solubles que la gutta ordinaire ; en outre, les liquides évaporés n'abandonnent pas des produits identiques. Les résidus de la gutta Bassia sont poisseux, tandis que ceux de la gutta commerciale constituent pour ainsi dire un vernis sec non adhésif.

L'identité est à peu près parfaite au point de vue de la solubilité dans le sulfure de carbone, le chloroforme, la benzine et l'alcool froid et bouillant. Pour les deux premiers de ces dissolvants, il ne reste qu'un résidu insoluble insignifiant, bien noir, à la condition toutefois qu'on en emploiera une quantité suffisante. Pour le pouvoir dissolvant de la benzine, il est également le même ; le résidu insoluble est identique dans les deux produits, mais un peu plus prononcé que dans le cas précédent ; pour la solubilité enfin dans l'alcool à 95°, elle est égale des deux parts, mais ce dernier dissolvant n'enlève que 7 °/₀ des masses mises en présence.

En résumant les pouvoirs dissolvants des divers véhicules et en rapportant à 100 les nombres obtenus, nous pouvons présenter le tableau suivant.

	Sulfure de carbone	Chloroforme	Benzine	Éther ordinaire	Éther de pétrole	Térébenthine	Acide acétique	Alcool à 95 °/o
Gutta-percha commerciale. . . .	99,72	98,68	93,20	40,8	34,0	20	19,2	7
Gutta-percha de l'arbre de Karité . .	97,92	92,28	92,80	20,1	18,1	8	12,8	7

En appliquant au produit du Bassia Parkii les procédés d'analyse de la gutta-percha employés par Payen, on a trouvé les résultats suivants qui auront leur éloquence :

	Gutta-percha commerciale brute	Gutta-percha de Bassia Brut	Gutta-percha commerciale n° 1 purifiée par le sulfure de carbone	Gutta-percha du Bassia purifiée par le sulfure de carbone
Gutta	(I) 92 91,5 (II)	91	92	91,5
Albane.	6 6,5	5,5	5,8	6
Fluavile	2 2	3	2,2	2,5

En chauffant les deux guttas-perchas de provenances si différentes jusqu'à carbonisation et incinérant le produit, on obtient des cendres de même aspect physique.

10 grammes gutta du Bassia.	0,120	résidu fixe soit	1,20 °/o
10 — gutta-percha du commerce.	0,126	— —	1,26 °/o

L'analyse spectrale donne du sodium, du potassium et du lithium. Il y a, en un mot, identité à peu près absolue. Les auteurs de ce travail donnent les conclusions suivantes : En résumé, les produits des Mimusops se rapprochent, par leur composition et leurs propriétés, de la vraie gutta des Palaquiums. Par contre, les Payenas semblent se confondre davantage par leur composition et leurs propriétés chimiques avec le caoutchouc. L'un et l'autre produit s'éloignent beaucoup plus par leur nature de la véritable gutta-percha que la gomme de Bassia Parkii dont l'identité avec le Palaquium est presque complète.

Quoique nous ne puissions admettre les conclusions de nos savants chimistes et professeurs et que, jusqu'à nouvel ordre, et à preuve du contraire, nous prétendions que les gommes des Payenas Lerii sont de puissants et presqu'indispensables adjuvants dans la confection des mélanges de guttas-perchas industriels, nous n'avons

pas hésité néanmoins de reproduire cette étude presque dans son intégrité. C'est d'études comparatives de ce genre que seule la vérité pourra bientôt se faire jour au plus grand profit de notre commerce et de notre industrie.

Les idées qu'ils émettent d'ailleurs sur le produit du Bassia Parkii demandent plus ample information. Si les données scientifiques fournies par les auteurs devaient être reconnues exactes et que l'arbre de Ghée devait être véritablement reconnu comme susceptible de fournir une gutta-percha utilisable, il serait urgent d'en entreprendre une culture rationnelle le plus promptement possible. Ce serait alors, sans contredit, l'un des arbres les plus utiles de l'Afrique tropicale, d'autant plus que ce végétal aime les terrains secs, pierreux et qu'en outre il est extrêmement vivace ; nous pourrions ainsi lui appliquer le terme employé pour le manihoot Glazowii propos du caoutchouc : le Bassia Parkii serait le *guttier de l'avenir*.

Propriétés physiques et chimiques de la Balata. — Dans l'étude précédente due à MM. Heckel et Schlagdenhauffen, nous avons parlé de la gutta d'Abyssinie produit du Mimusops Chimperi et Kummel, mais non du produit du *Mimusops balata et globosa* livré au commerce sous le nom de *balata*. Et cependant, nous ne devons pas négliger l'étude de cette matière qui, outre sa grande force, possède la propriété d'être peu élastique une fois qu'elle est sollicitée par un effort de traction, ce qui, dans la fabrication des courroies de transmission, est un grand point et ce qui fit dire à Stagneri, un fabricant américain d'articles en caoutchouc, que la balata était le meilleur caoutchouc du monde. Cette matière trouverait un débit de plus en plus considérable si le commerce en pouvait livrer suffisamment ; mais sa production est très limitée en l'état actuel des choses. On la paye des prix égaux, sinon supérieurs à ceux de la gutta-percha et c'est là la meilleure preuve que l'industrie en sait tirer parti. Dans la généralité des cas où la gutta-percha est utilisée, la balata est susceptible de la remplacer utilement et ce n'est que son prix relativement élevé qui en circonscrit l'emploi pour certains usages spéciaux. La fabrication considère la balata comme une variété de gutta-percha et des meilleures ; une fois travaillée, son nom générique disparaît pour se confondre avec les autres sortes de guttas-perchas industrielles. Et cependant le produit est loin d'être le même aux points de vue chimique et physique. Il est plus mou à la température ordinaire et reste plus souple aux basses températures.

La couleur de la balata est d'un blanc rougeâtre avec taches et veines plus obscures. Elle n'a pas de saveur et dégage, quand on l'échauffe, la même odeur agréable que la gutta pure chauffée lentement, sous une couche d'eau et amenée peu à peu à l'ébullition. Son poids spécifique est de 1,05.

Elle peut se couper comme la gutta percha, mais elle a beaucoup plus de ténacité.

La térébenthine, et surtout la benzine et le sulfure de carbone la dissolvent complètement à chaud. Elle résiste aux alcalis caustiques comme la gutta-percha et le caoutchouc ; il en est de même pour

l'acide chlorhydrique. Mais l'acide sulfurique l'attaque en la carbonisant, l'acide nitrique la transforme en acide cyanhydrique et formique.

Mais ce qui différencie essentiellement la balata de la gutta-percha, c'est la manière dont elle se comporte sous l'influence des agents atmosphériques. Nous connaissons les transformations subies par la gutta au contact de la lumière et de l'oxygène de l'air : sa surface se résinifie rapidement et la matière se transforme en une substance sèche et cassante ; cette transformation gagne de la surface l'intérieur des blocs et bientôt le tout est altéré. Il n'en est pas de même de la balata qui, soumise aux mêmes influences, résiste admirablement et pour longtemps à cette action destructive.

Quant au pouvoir isolant de la balata, notre tableau synoptique lui assigne une résistance spécifique moyenne et lui permet de tenir un rang honorable dans la série des guttas-perchas commerciales.

A la température ordinaire elle ressemble assez à une matière cornée, se ramollit déjà à + 49° C° et reçoit en cet état toutes les empreintes et formes que l'on veut lui donner.

D'après Sperlich, si on épure la matière commerciale par un lavage d'eau bouillante acidulée,puis par l'alcool bouillant, on obtiendrait un résidu, qui,dissous dans le sulfure de carbone, filtré et évaporé, indiquerait la même composition que la gutta, c'est-à-dire

Carbone	88,5
Hydrogène	11,3

La balata résiste moins énergiquement aux acides, et nous nous rangerions volontiers de l'avis de M. Rousseau lorsqu'il attribue ce défaut à ce que la balata est toujours impure, et chargée de sucs laiteux putrescibles.

Examinée au polarimètre, la balata,de même que la gutta-percha, présente à un très haut degré le beau phénomène de la décomposition prismatique des couleurs, surtout après avoir été fortement pressée.

CHAPITRE VI

TRANSFORMATIONS MÉCANIQUES DE LA GUTTA-PERCHA

Comme le caoutchouc et plus que lui, la gutta-percha que le commerce livre à l'industrie renferme en quantités plus ou moins considérables un certain nombre d'impuretés, telles que sable, terre, bois, écorce d'arbres, soit que le récolteur les ait ajoutées intentionnellement dans un but de fraude, soit que l'imperfection des procédés de récolte mis à sa disposition ne lui aient pas permis de faire mieux.

Il est donc indispensable, avant de songer à un emploi quelconque, d'épurer la gomme résine et de la débarrasser de toutes les matières inertes qui pourraient avoir de sérieux inconvénients lors des transformations ultérieures que devra subir la matière.

Ces procédés d'épuration sont fort simples, mais assez multiples : les industriels ne les emploient pas toutes et selon la nature du produit commercial, selon les besoins également d'un emploi spécial, une ou plusieurs opérations peuvent être négligées. C'est ainsi que pour la fabrication de divers ustensiles de laboratoire, il est possible de négliger presque toutes les phases de l'épuration, tandis que pour la fabrication des diélectriques des câbles sous-marins on ne saurait trop multiplier les moyens d'épuration.

Nous inspirant des travaux de Heinzerling, Siemens, Wunschendorf et Bobet nous suivrons phase par phase toutes les opérations de l'épuration.

Travail préliminaire. On commence par débiter la gutta-percha brute en une série de fragments assez petits au moyen d'un jeu de couteaux ou d'une scie circulaire, mais non sans avoir au préalable ramolli la gomme dans un peu d'eau chaude. A cette fin, nombre d'usines utilisent encore aujourd'hui la machine à découper brevetée par Hancock en 1847.

La figure 66 la représente vue de face (I) en élévation latérale (II) et finalement en coupe suivant une ligne *a b* (III).

Cet appareil n'est autre qu'une espèce de coupe-racines dont l'organe principal consiste en un plateau en fonte ou en bois dur *BB* monté sur le bâti *AA* ; le plateau est percé suivant son épaisseur de 3 ouvertures ou fenêtres dans une partie desquelles viennent s'enchâsser, comme le fer d'un rabot, trois couteaux très tranchants, un peu inclinés et faisant légèrement saillie sur le plan du plateau. Ce dernier tourne à l'extrémité d'un arbre B, actionné par transmission d'une machine à vapeur ou de tout autre engrenage : la vitesse

est réglée selon besoin et généralement le plateau fait 200 tours à la minute contre les bords d'une table inclinée *D* en fonte.

Lorsque l'appareil est en mouvement, les pains de gutta-percha placés sur la table descendent successivement et se présentent sous les couteaux qui les débitent en morceaux d'irrégulière grosseur qui tombent dans un récipient placé en dessous. Si la gutta-percha à débiter est plus dure que d'habitude, les couteaux plats sont remplacés par des lames plus curvilignes qui entaillent mieux la matière. Ici commence la série des opérations successives de l'épuration qui doivent transformer la gomme brute en *gutta-percha normale*.

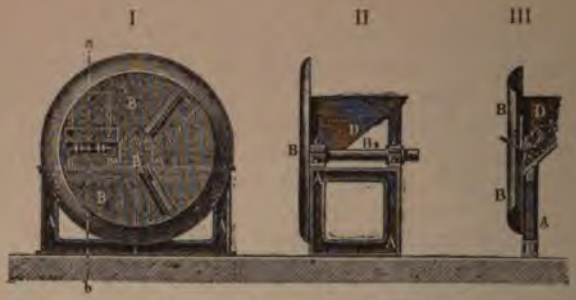


Fig. 66. — Machine à découper la gutta-percha brute (Système Hancock).

Arrivés dans le récipient dont il vient d'être parlé, les fragments sont d'abord purgés à la main des matières les plus grossières qu'ils contiennent.

Puis on les porte dans un caisson en fer rempli d'eau qu'un courant de vapeur maintient à une température élevée et qu'un agitateur mécanique brasse constamment. Une partie des impuretés tombe au fond du caisson, les morceaux de gutta-percha ramollis surnagent et s'agglomèrent en une masse pâteuse compacte, que l'on pêche avec une espèce de pelle en toile métallique à larges mailles pour la porter dans *la râpe et les laveurs*.

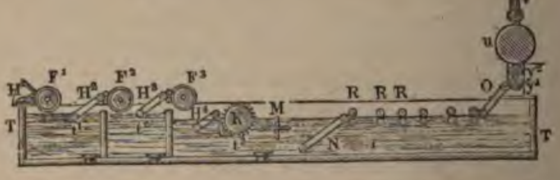


Fig. 67. — Schéma d'une rape ou laveur (Système Hancock).

C'est Hancock qui imagina le premier un appareil bien conçu pour procéder systématiquement à ces deux opérations.

T est un grand réservoir divisé en trois compartiments $t^1t^2t^3$. Le niveau d'eau dans les compartiments t^1 et t^2 est plus haut que dans le compartiment t^3. Transversalement au réservoir et au des-

sus du niveau de l'eau tournent trois cylindres $F_1F_2F_3$ armés d'un grand nombre de lames de scies circulaires à denture alterne. A l'avant de ces cylindres broyeurs se trouvent deux rouleaux d'alimentation cannelés : la gutta-percha détrempée et placée sur une table H^1 est entraînée par les rouleaux d'alimentation au cylindre F_1. H_2 est une toile sans fin s'enroulant autour de 2 cylindres et dont la partie inférieure plonge dans l'eau du compartiment t_1, tandis que la partie supérieure communique avec le cylindre broyeur F^2. Une deuxième toile sans fin H_3 est disposée de même et sert à amener la matière au cylindre broyeur F_3. Un cylindre déchiqueteur *K* semblable à l'organe qui, dans les piles à papier, sert à déchirer les chiffons, et qui est muni de lames sur tout son pourtour, tourne autour d'une platine courbe pourvue de lames semblables. Ce déchiqueteur est disposé de manière à se trouver en contre-bas des cylindres $F^1F^2F^3$ et plonge constamment à moitié noyé dans le liquide du compartiment t_3. Les deux séries de lames du déchiqueteur fonctionnent comme de véritables ciseaux, et ne laissent intacte aucune parcelle mise en contact avec elle. Le déchiqueteur *K* est pourvu également d'une toile sans fin H^4 et de deux rouleaux d'alimentation ; *M* est un agitateur mécanique entièrement immergé. Enfin une toile sans fin *N*, plongeant jusqu'au fond du réservoir, partage le compartement t^3 en deux sections. La 2e partie de ce compartiment est garnie d'une série de cylindres unis *RRR*, disposés de manière à ce que leur côté inférieur soit immergé dans l'eau tandis que le côté supérieur en émerge. Entre chacun de ces cylindres se trouve une table ou banc.

Voyons maintenant comment fonctionne l'appareil.

Les rouleaux d'alimentation, les rouleaux que garnissent les toiles sans fin et les cylindres *RR* sont tous animés d'un mouvement de rotation de gauche à droite, tandis que les broyeurs $F_1F_2F_3$, le déchiqueteur *R* et l'agitateur *M* marchent en direction opposée. La vitesse des broyeurs et du déchiqueteur doit égaler de 6 à 800 rotations à la minute, tandis que les alimentateurs et les toiles sans fin ne doivent être actionnés que par une vitesse 6 fois moindre.

La première série des cylindres *RR* pourrait ne tourner qu'avec une vitesse de 15 à 20 tours par minute, tandis que la dernière paire pourrait avoir une vitesse plus considérable, de manière à donner plus de tension à la matière.

Le premier broyeur F_1 réduit la gutta-percha brute en petits fragments et élimine ainsi une quantité assez considérable de matières terreuses et autres substances étrangères. Le tout tombe dans l'eau du compartiment *H* ; là les parcelles de gutta-percha pure ou presque pure surnagent tandis que les impuretés tombent au fond du bac. La toile sans fin H_2 saisit la gutta-percha surnageante pour l'amener aux rouleaux d'alimentation du second compartiment et la faire passer dans le 2e broyeur F_2. La gomme partant de la surface de l'eau qui se trouve dans le compartiment t_2 est amenée par la toile sans fin H_3 aux alimentateurs, puis au broyeur F_3 et se trouve ainsi broyée une 3e fois pour être débarrassée de toute impureté. La toile *H* la saisit pour l'amener au cylindre *K* en pleine rota-

tion où elle se trouve déchiquetée en morceaux d'une grande ténuité et d'où elle retombe alors dans le liquide du compartiment t_2 ; L'agitateur M la repousse continuellement dans l'eau et finit l'épuration. La toile N conduit la matière aux cylindres *RRR*, d'où la toile *O* la porte sous les cylindres compresseurs $Y^1 Y^2$ pour la laminer et la débarrasser de toute l'eau interposée. Du cylindre Y_2 la feuille passe sur un tambour en bois U et s'enroule sur le rouleau V.

Contrairement à une assertion de certains auteurs, l'eau dans les réservoirs doit toujours être froide : si la gutta-percha avait une odeur anormale, ce qui peut se présenter assez souvent, il serait prudent d'ajouter au liquide un peu d'hypochlorite de chaux.

D'après Maigne, *il existe un autre procédé ayant quelqu'analogie avec le précédent*. Après avoir découpé avec une scie circulaire constamment arrosée les pains de gutta-percha en prismes irréguliers, on soumet ces prismes à l'action d'une râpe formée, comme la précédente, de lames de scies circulaires à dentures fortes et alternes et sur laquelle un filet d'eau ne cesse de couler. La pulpe ainsi obtenue est lavée à l'eau froide et à trois reprises, dans un égal nombre de cuves qu'elle parcourt successivement et où elle abandonne les corps étrangers, les uns en dissolution dans le liquide, les autres en suspension ou tombés au fond. Au sortir de la dernière cuve, la pulpe se trouve bien nettoyée. On l'étend alors sur un dallage ou sur une aire bitumée en pente, et on l'y laisse pendant quelques temps, pour la faire égoutter, après quoi on la passe cinq à six fois de suite entre les deux cylindres en forte d'un laminoir. Ces cylindres ont 1 mètre de long et 40 centimètres de diamètre, et sont chauffés intérieurement par un courant de vapeur et continuellement mouillés à l'extérieur. Ils livrent la gutta-percha à l'état d'une pâte ayant une certaine consistance. On les rapproche alors presqu'au contact afin qu'il ne puisse s'engager entre eux qu'une petite quantité de gomme-résine épurée, et on les remet en mouvement. Ce nouveau laminage convertit la pâte en feuilles d'une très faible épaisseur.

A mesure que chaque feuille sort du laminoir, deux ouvriers la saisissent, puis, au moyen d'une traction ménagée, l'étendent au point de doubler sa largeur en même temps qu'ils enlèvent quelques menues parcelles de bois ou d'écorces restées dans la pâte et qu'il est alors facile d'apercevoir.

En raison de leur faible épaisseur, les feuilles ainsi produites sèchent rapidement à l'air. Quand elles ont perdu la presque totalité de leur eau, on les introduit dans une chaudière peu profonde qu'un courant de vapeur circulaire chauffe à 100-115°. Par l'action de cette température, elles achèvent de se dessécher et, de plus, elles éprouvent un commencement de fusion pâteuse qui soude toutes leurs parties.

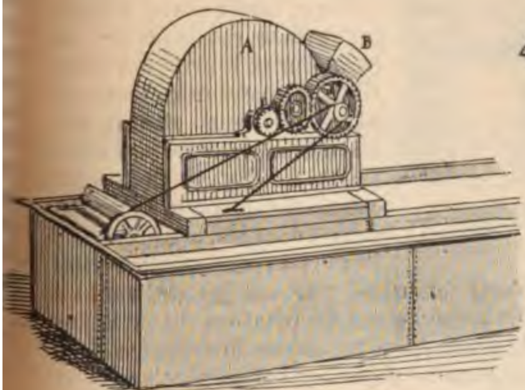
Autre procédé employé plus récemment dans l'usine Hancock. — Les copeaux obtenus par la machine à découper sont versés dans un réservoir en fer rempli d'eau et chauffés à la vapeur jusqu'au point d'ébullition de l'eau. Le mouvement imprimé à l'eau par l'arrivée de vapeur, facilite le lavage de la gomme résine et la débarrasse de

ses impuretés. Un agitateur mécanique en mouvement accélère singulièrement ce travail.

La chaleur a ramolli la matière qui s'agglutine ainsi en forme de boules irrégulières. On porte celles-ci dans un grand réservoir cylindrique en tôle dans lequel se trouve un tambour garni de griffes recourbées et dentelées touchant la périphérie du cylindre. Le tambour fait 800 tours à la minute, déchire la gomme en fils d'une grande tenuité qu'un courant d'eau amène dans un bac installé au-dessous du réservoir. Grâce à son poids spécifique, la gutta-percha surnage et les impuretés se rendent au fond du bac.

La gomme surnageante et déchiquetée est de nouveau ramollie dans de l'eau à 95°, elle s'y agglutine et passe ensuite dans l'appareil pétrisseur.

En place du déchiquetage mécanique, l'on a également eu recours aux *dissolvants* tels que le sulfure de carbone, la benzine, le chloroforme, etc., *comme agents d'épuration*. La gutta-percha ramollie dans les dissolvants est introduite dans un corps de pompe à parois très résistantes dans lequel se meut un piston à course ascendante et descendante.



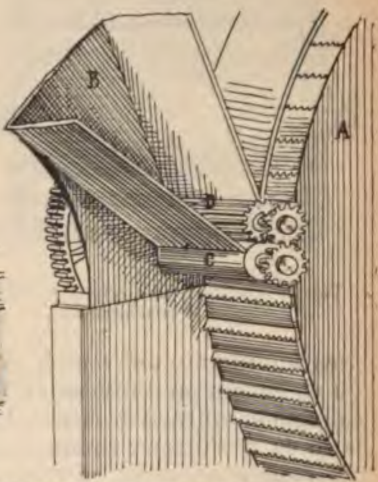


Fig. 68 et 69. — Epurateur anglais (d'après Wunschendorff).

Le fond de ce cylindre est garni d'un diaphragme de plaques perforées tout comme celles qui servent dans les presses hydrauliques des vermicelleries. Ces plaques sont disposées de manière à ce que le calibre des trous aille en diminuant depuis la plaque supérieure jusqu'à celle du fond lui-même dont les mailles sont les plus serrées.

Au lieu de ramollir la gutta-percha au moyen des dissolvants, on a aussi proposé de procéder à l'épuration en ramollissant d'abord la masse par l'action de la chaleur, et de la passer ainsi dans un filtre presse comme ci-dessus. L'enveloppe qui entoure le cylindre permet de réchauffer ce dernier par l'arrivée de la vapeur et l'on

évite ainsi un trop prompt refroidissement de la gomme. Mais nous reviendrons tout à l'heure sur ce système d'épuration que nous utiliserons pour compléter le lavage de la gomme à épurer.

D'après Wunschendorff, voici comment on procéderait à l'épuration proprement dite dans les usines anglaises.

La râpe se compose d'un tambour en fonte A sur la périphérie duquel sont enchâssés des couteaux à dents de scie en acier (Fig. 69), et faisant au moins 500 révolutions à la minute. La masse pâteuse de gutta que l'on verse dans la trémie B passe entre deux petits rouleaux C, et D l'une lisse, et l'autre striée à la surface, qui l'amènent sous le tambour A dont les couteaux la déchiquettent en petits morceaux. Ces morceaux tombent dans un grand réservoir en fer plein d'eau froide battue, par un agitateur à palettes toujours en mouvement. La gutta y séjourne pendant 2 à 3 heures et se débarrasse d'une nouvelle partie de ses impuretés ; elle surnage, tandis que les matières étrangères tombent au fond du réservoir. Après ce nettoyage on transporte la gutta-percha dans un caisson d'eau bouillante et lorsqu'elle est suffisamment ramollie, on la soumet à un lavage à fond dans la machine spéciale dite *Machine à laver*.

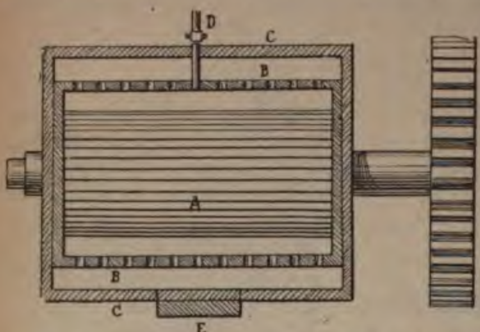


Fig. 70. — Machine anglaise à laver (d'après Wunschendorff).

Un cylindre plein A dont la surface est couvert de cannelures tourne à l'intérieur d'un cylindre creux B percé de trous et enfermé lui-même dans un cylindre creux C. La gutta-percha est placée entre le cylindre cannelé et le cylindre B; l'intérieur des deux cylindres annulaires est rempli d'eau chauffée par un jet de vapeur qu'amène un petit tuyeau D. Le mouvement de rotation du cylindre cannelé comprime la masse de gutta-percha contre le cylindre B et la force à s'étaler : toutes les parties de cette substance arrivent ainsi successivement en contact avec l'eau qui en enlève les impuretés. Celles-ci se rassemblent au fond du cylindre C, d'où on peut les enlever par la porte E.

La gutta-percha ainsi traitée ne contient plus généralement que de très petits débris de matières organiques dont il est préférable de la débarrasser par un procédé purement mécanique, des lavages trop prolongés ayant l'inconvénient d'incorporer à la gomme une certaine quantité d'eau qu'il devient ensuite très difficile d'éliminer complètement.

Cette intervention purement mécanique s'accomplit au moyen du filtre-presse dont nous avons indiqué précédemment la distribution sommaire. L'appareil employé en Angleterre se compose d'un cylindre en fonte très épais A ouvert à l'un de ses bouts et dans lequel se meut un piston B (Fig. 71 et 72), dont la tige C est soumise à

l'action d'une presse hydraulique qui reçoit d'un arbre de couche à l'aide d'une roue dentée engrenant avec une partie filetée de la tige, un mouvement de translation très lent vers le fond du cylindre. Ce cylindre est fermé par une forte plaque en fonte percée de trous, sur laquelle on applique une toile mécanique à mailles très serrées. Les parois du cylindre sont creuses et remplies de vapeur pour empêcher la gomme de se solidifier. Le cylindre étant rempli de la

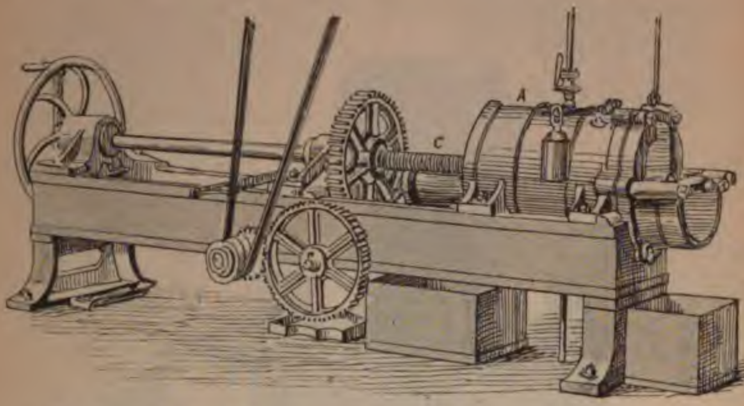


Fig. 71. — Presse à filtrer, système anglais, d'après Wunschendorff.

matière à purifier, on applique la pression sur le piston ; la matière est refoulée et forcée de passer à travers la toile métallique : on la recueille dans un récipient placé sous le cylindre. Lorsque le piston est arrivé à 1 ou 2 centimètres du fond, on arrête le mouvement et on retire de l'appareil un gâteau dans lequel sont rassemblées toutes les impuretés.

M. Mongin, d'Argenteuil, l'un de nos constructeurs les plus habiles et des plus modestes, spécialiste en la matière, a construit une presse-filtre conçue dans les mêmes idées.

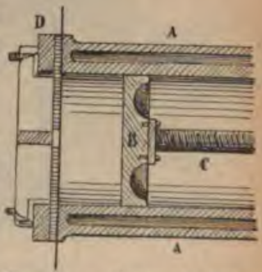


Fig. 72. — Piston du filtre-presse ci-dessus.

Procédé Gérard. — Un procédé d'épuration beaucoup plus simple a été proposé et pratiqué par G. Gérard qui, dit-il, s'en est bien trouvé. Il consiste à traiter simplement la gutta-percha brute au déchiqueteur employé pour le caoutchouc. Seulement, au lieu d'eau froide, on se sert d'eau chaude.

Si ce procédé pouvait atteindre le but proposé, ce serait évidemment le meilleur, mais nous avons toute raison pour ne pas y ajouter foi.

Séchage. — La gutta-percha lavée est portée dans le séchoir composé d'une caisse en fonte rectangulaire *ABCD* (Fig. 74) à doubles parois entre lesquelles on fait circuler de la vapeur. La caisse est

fermée à sa partie supérieure par un couvercle demi-cylindrique *AEF* muni d'une partie mobile *EF* que l'on peut maintenir en place à l'aide de solides barres en fer. A l'intérieur de la caisse se trouvent deux cylindres, à axes parallèles, portant des cannelures hélicoïdales de direction opposée et tournant en sens contraire.

La gutta saisie entre les 2 cylindres s'étale dans les vides des cannelures et présente ainsi constamment de nouvelles surfaces au contact de l'air chaud contenu dans la caisse. L'eau condensée se rassemble dans le fond et peut être évacuée par O.

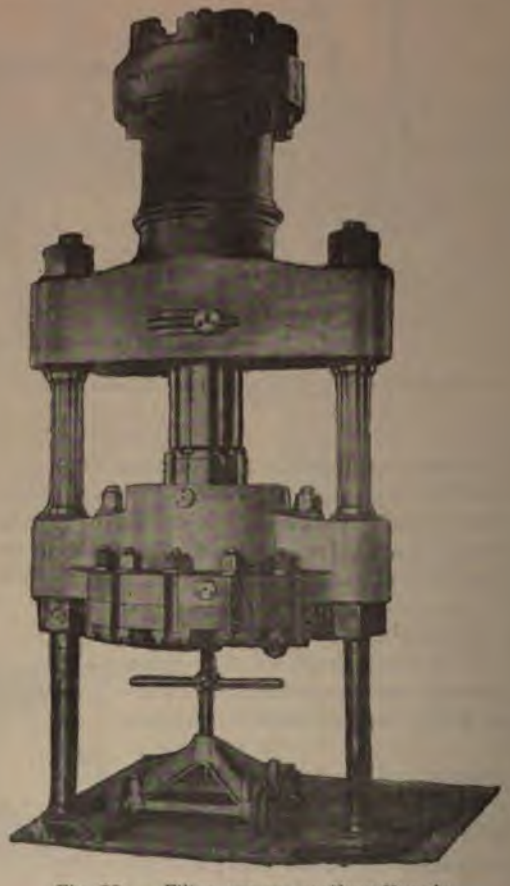


Fig. 73. — Filtre-presse, système Mongin.

Pétrissage. — Avant de songer à convertir la gutta-percha ainsi épurée en objets industriellement ouvrés, il est indispensable de la débarrasser de toutes traces d'eau et surtout d'air d'interposition et de la convertir en une masse unie et homogène.

L'élimination de l'air est de la plus haute importance, car la présence de la moindre trace de ce véhicule diminue, si elle ne la

pprime pas complètement, l'adhérence de ses diverses parties. ussi n'emploie-t-on pas la gutta-percha épurée sans lui avoir fait sur l'action d'un pétrisseur, d'un diable ou d'un loup, si on ne veut s travailler une gutta-percha défectueuse appelée, en termes atelier, *gutta-pailleuse*.

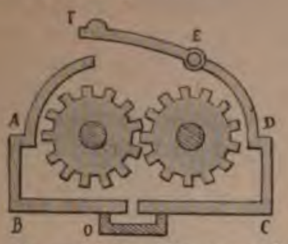


Fig. 74. — Schéma d'un appareil à sécher (d'après Wunschendorff).



Fig. 75. — Cannelures hélicoïdales des cylindres du sécheur précédent.

On ramollit la gutta-percha épurée dans une chaudière en fonte à uble fond, chauffée à la vapeur, puis on la soumet à l'action du *trisseur*.

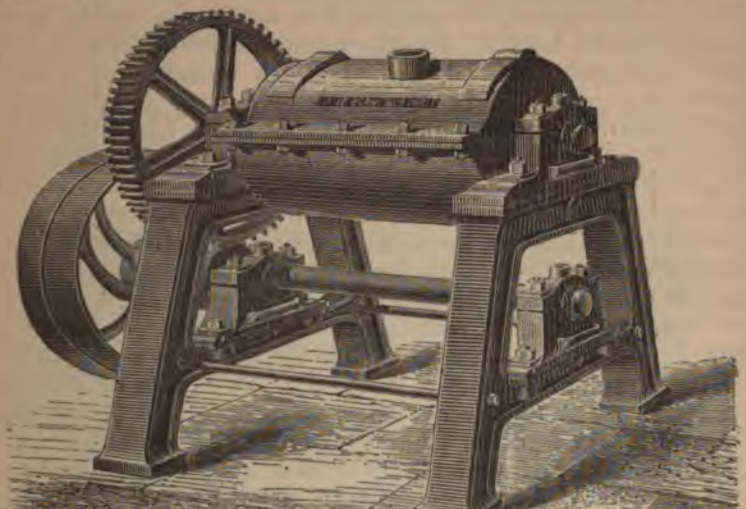


Fig. 76. — Pétrisseur, système Leblanc.

Pétrisseur. — Il se compose d'une caisse cylindrique fixe placée rizontalement, dans l'axe de laquelle tourne un rouleau plein en nte dont la surface est couverte de cannelures longitudinales, de le sorte qu'il présente en coupe transversale l'aspect d'un pignon nté. Le diamètre du rouleau est un peu plus faible que celui de caisse cylindrique qui l'enveloppe ; en tournant, il entraîne la

matière que l'on a introduite entre les deux organes, la comprime entre ses cannelures et les parois de l'enveloppe, rapproche les molécules qui se soudent entre elles et s'agglomèrent, en même temps que l'air et l'eau emprisonnés sont expulsés.

La caisse cylindrique est souvent munie, à sa partie inférieure, d'un double fond dans lequel on lance au besoin un jet de vapeur. Le rouleau à cannelures reçoit un mouvement de rotation, par l'intermédiaire d'engrenages et de poulies qui sont figurés sur le dessin.

Au commencement du pétrissage, on lance un courant de vapeur dans le double fond, puis on règle l'arrivée de vapeur de manière à maintenir une température convenable et en ayant soin de tenir compte de l'échauffement produit dans la masse par les frottements.

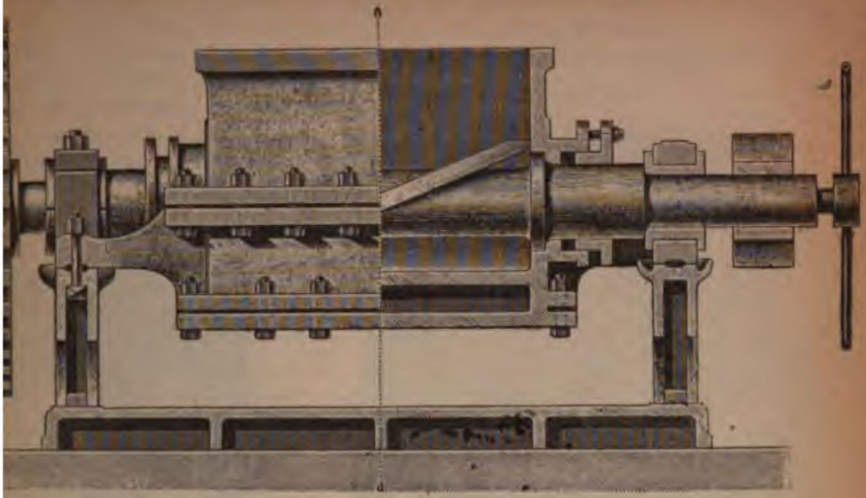
Après avoir subi l'action du pétrisseur, la gutta-percha est prête à être utilisée. Ordinairement on la passe dans un laminoir qui la convertit en feuilles ; elle est ensuite emmagasinée, sous cette forme, dans des caves.

Comme le caoutchouc, les différentes espèces de gutta-percha subissent pendant le travail d'épuration une perte sensible, variable avec les provenances et les qualités. Les meilleures sortes perdent ordinairement 15 à 20 %, les sortes intermédiaires 20 à 25 %, les qualités inférieures 25 et 30 % et plus. En tenant compte de ces déchets, on arrive à établir le prix de revient de la gutta-percha épurée. Ainsi, une matière qui est achetée brute 12 francs le kilogramme, et qui subit pendant la purification une diminution de poids de 20 % par exemple, revient à 15 francs le kilogramme, sans comprendre les frais occasionnés pour la débarrasser de ses impuretés, ce qui, on en conviendra, est un prix bien élevé.

Gutta-Percha mélangée. — La gutta-percha épurée est souvent mélangée avec d'autres substances, soit pour en diminuer le prix de revient, soit pour la rendre plus dure et plus résistante. Les substances dont on fait usage le plus fréquemment sont : la craie, le plâtre, le sulfate de baryte, l'asphalte, les oxydes de zinc et de plomb, etc., etc... En faisant varier les proportions et la nature des matières incorporées à la gutta-percha, on obtient des produits de consistance variable et qui sont, pour la plupart, plus fermes et très inférieurs au produit primitif ; en y ajoutant une certaine quantité de caoutchouc, on augmente au contraire la souplesse et l'élasticité. On peut incorporer à la gutta-percha une infinité de matières, et on conçoit par cela même qu'il est possible d'obtenir un nombre infini de mélanges doués de propriétés différentes.

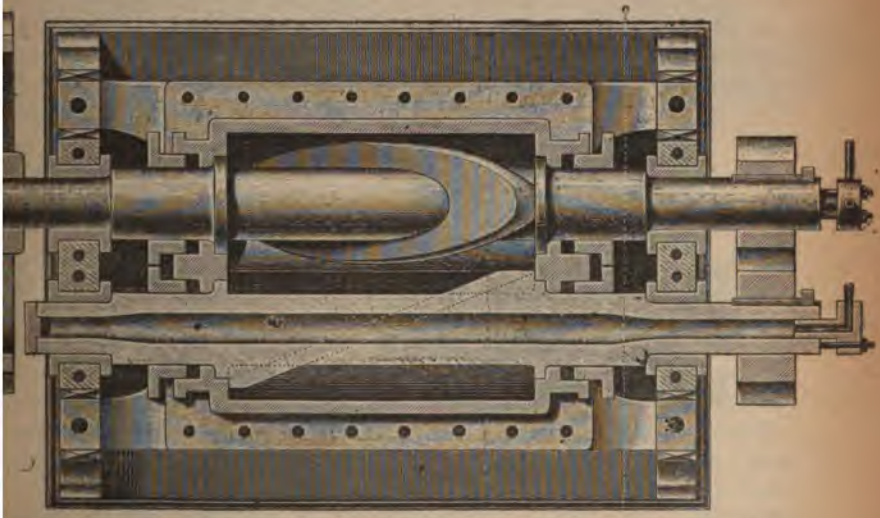
L'incorporation des matières accessoires à la gutta-percha peut s'effectuer avec le *pétrisseur*. Dans ce cas, la gutta-percha épurée est d'abord pétrie et travaillée dans l'appareil jusqu'à ce qu'elle soit bien amollie ; les substances réduites en poudre fine sont alors introduites, peu à peu, dans le pétrisseur que l'on fait fonctionner jusqu'à ce que la masse soit devenue homogène.

Ce procédé de malaxage ou pétrissage a l'inconvénient de ne pas
ujours éliminer totalement les bulles d'air. Or, pour certains em-



ig. 77. — Pétrisseur à 3 cylindres fonctionnant dans l'usine Siemen, à Londres.

ois, comme par exemple pour la confection des câbles sous-marins,
ne des conditions essentielles de la parfaite réusite consiste dans
btention d'une pâte exempte de toutes traces de ces bulles et



ig. 78. — Pétrisseur à 3 cylindres fonctionnant dans l'usine Siemen, à Londres.

st dans ce but qu'a été imaginé le pétrisseur représenté par la
ure 78.

Comme le pétrisseur ordinaire, cette machine se compose d'une caisse cylindrique entourée d'une enveloppe à vapeur; mais, au lieu de n'avoir qu'un seul cylindre cannelé, elle est pourvue de trois de ces organes.

Les cylindres pétrisseurs ont un diamètre bien moindre que la périphérie intérieure de la caisse et chacun d'eux est garni dans le sens de sa longueur d'une arête tranchante fixée un peu en travers etavec une légère tor-

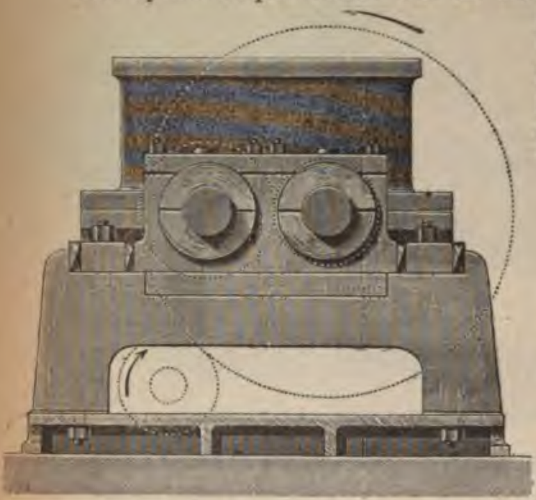




Fig. 79 et 80. — Pétrisseurs à 3 cylindres fonctionnant dans l'usine Siemen, à Londres.

sion. Cette arête ne touche pas aux parois de la caisse, dont elle est toujours éloignée de 50 millimètres. Un pignon de la transmission engrène sur la roue dentée fixée à l'une des extrémités du cylindre et lui imprime une vitesse d'environ 25 tours à la minute. Chacun des cylindres pétrisseurs est disposé de manière à ce que sa roue motrice se trouve dans un sens opposé à celui de sa voisine ; les cyilndres fonctionnent ainsi à contre-sens : leur relation l'une vis-à-vis de l'autre est de 4 : 5 environ. C'est dans cette





Fig. 81 et 82. — Pétrisseurs à 3 cylindres fonctionnant dans l'usine Siemen, à Londres.

disposition que réside l'économie de la machine, car tandis que les cylindres fonctionnent avec des vitesses différentes, les arêtes se rencontrent à chaque évolution à des places différentes et entaillent ainsi chaque fois la gomme à une place nouvelle.

Sitôt que la section est faite, la matière est poussée par le vide

qui se produit entre la lame et le cylindre jusque vers le milieu de la caisse où elle est de nouveau découpée pour aller finalement à droite ou à gauche où les ailettes des lames tranchantes la relèvent sur les cylindres pour la faire de nouveau retomber au centre.

Ainsi, la gomme ne reste jamais agglomérée en une seule masse, et se trouve toujours découpée tantôt d'un côté, tantôt d'un autre ; elle se pétrit tout en éliminant les petites bulles d'air qu'elle peut contenir.

Ce procédé, nous dit-on, fournit une gutta-percha parfaite, tout en demandant un travail moitié moins long que par le procédé ordinaire.

Pour que, pendant ce travail, la matière ne devienne pas adhérente, les cylindres sont creux et un courant d'eau froide y circule selon besoin.

Au sortir des pétrisseurs, la gutta-percha est prête à entrer dans la consommation industrielle, soit qu'on la façonne directement, soit qu'on la convertisse en feuilles par le procédé du laminage et que sous cette forme elle soit ensuite soumise aux opérations ultérieures.

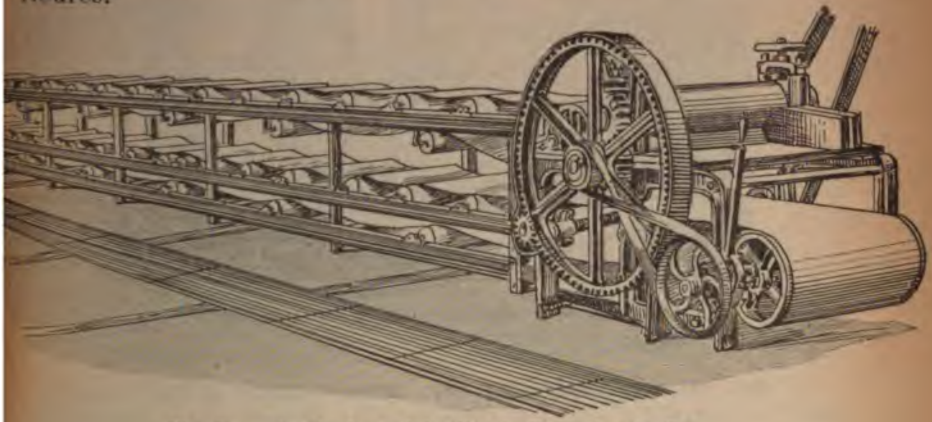


Fig. 83. — Laminoir anglais (d'après Wunschendorff).

Laminage.— On étale la gutta purifiée dans un laminoir qui consiste en deux cylindres à surface bien lisse, tournant en sens opposé ; la matière passe dans l'intervalle libre entre les deux cylindres et se trouve recueillie à sa sortie par une longue toile sans fin de la largeur même des cylindres.

L'épaisseur de la couche de gutta-percha est de deux centimètres environ. On la coupe en tranches de 30 à 40 centimètres de largeur, de manière à en former des galettes que l'on emmagasine à l'abri de l'air, de la lumière et de la poussière jusqu'au moment de leur emploi.

Nous venons de donner avec force détails les procédés d'épuration anglais. Nos industriels français se sont appliqués à être plus simples dans leur mode de traitement tout en cherchant un haut degré de perfection dans leurs préparations.

En puisant toujours aux mêmes sources que précédemment, nous dirons qu'à Bezons, la gutta-percha au sortir de la rape et simplement réchauffée est portée directement dans la presse-filtre et de là dans la laverie appelée le *Truman*, d'une disposition toute spéciale.

Ce laveur se compose de trois rouleaux de 10 centimètres de diamètre environ, disposés à des intervalles de 120° autour d'un axe central auquel ils sont reliés par des traverses en fonte, et auquel l'arbre de couche général de l'atelier transmet le mouvement. L'axe tourne avec les trois rouleaux à l'intérieur d'un cylindre creux en fonte muni d'un couvercle qui est percé par deux larges trous *R* que l'on peut assujettir solidement sur les cylindres.

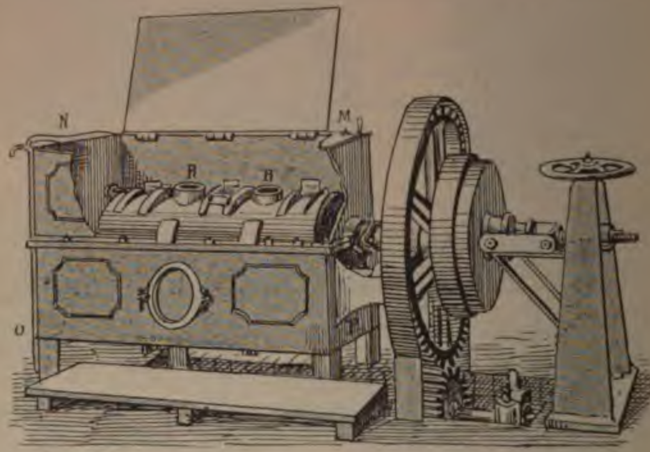


Fig. 84. — Truman (d'après Wunschendorff).

Le tout est renfermé dans une grande caisse *MNOP* en tôle que l'on remplit d'eau. La gutta-percha, pressée par les rouleaux contre les cylindres présente constamment de nouvelles surfaces au contact de l'eau et abandonne une partie de ses impuretés qui tombent au fond, d'où on les retire lorsque l'opération est terminée. La gomme reste pendant deux heures au moins dans l'appareil. La gutta-percha est travaillée ensuite dans le masticateur sécheur qui est tout à fait analogue au sécheur anglais ; toutefois, les cannelures sont interrompues sur les cylindres à des intervalles de 10 centimètres environ de manière à obliger les surfaces de la matière mises en contact avec l'air à se renouveler plus fréquemment. Au sortir du masticateur sécheur, la gutta va directement au laminoir.

Dans l'usine Menier, à Grenelle, les cylindres du laminoir sont très rapprochés, de manière à donner des feuilles très minces que l'on passe à l'air pendant 7 à 8 jours pour la dessiccation complète. Ces feuilles sont alors retravaillées dans un masticateur et étalées sur un second laminoir qui donne les galettes pour magasin.

Cette gutta-percha est moins chargée d'eau, mais elle est plus sujette à oxydation.

Blanchiment de la gutta-percha. — L'art dentaire utilise la gutta-percha, non seulement comme mastic pour combler les vides occasionnés par la carie, mais encore pour la confection des râteliers artificiels. La matière doit être très blanche pour cet emploi tout spécial et il n'est pas hors de propos de connaître les divers procédés de blanchiment usités.

Dans un vase clos on fait digérer 500 grammes de gomme-résine dans 10 kg. de chloroforme pendant trois à quatre jours. Lorsque la matière est entièrement dissoute, on ajoute 200 à 300 grammes d'eau et l'on agite fortement pour abandonner ensuite le mélange à lui-même pendant une quinzaine. Toutes les impuretés viennent se rassembler sur la couche d'eau surnageante

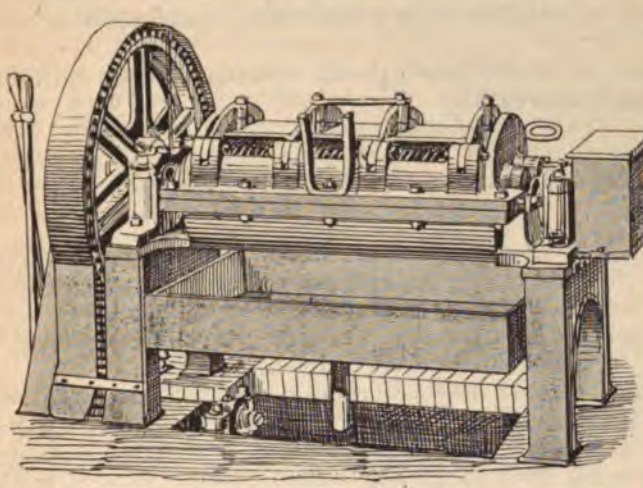


Fig. 85. — Masticateur sécheur (d'après Wunschendorff).

au chloroforme : on soutire la dissolution claire et limpide dans un récipient en porcelaine qui se place facilement dans un alambic en cuivre disposé à cet effet. Après avoir recouvert le liquide d'une petite couche d'eau pure, on met l'eau dans la cucurbite jusqu'au tiers environ de la hauteur extérieure du vase de porcelaine et l'on procède à l'élimination du chloroforme par distillation.

Le résidu blanc, légèrement jaunâtre et assez boursouflé, constitue la gutta épurée. Quelquefois, avant de soumettre la solution à la distillation on la traite par le noir animal qui lui donne encore plus de blancheur.

Cette masse boursouflée est pétrie suffisamment pour qu'on puisse en faire des bâtons très homogènes qui, conservés pendant quelque temps dans l'éther ou l'alcool, se décolorent de plus en plus et finissent par prendre un aspect blanc diaphane comme le plus bel ivoire.

Il est indispensable d'éliminer complètement toute trace de chlo-

roforme si l'on veut éviter que la gutta-percha ne puisse devenir cassante.

On peut également procéder de la manière suivante :

Une partie gutta-percha réduite en petits fragments est dissoute à chaud dans 20 parties pondérales de benzol additionné de 1/10 de sulfate de chaux anhydre (plâtre calciné). Au bout de deux jours de digestion, la partie liquide, parfaitement limpide, est décantée puis versée dans deux fois son volume d'alcool à 95° C. La gutta-percha se précipite en une masse d'une blancheur éclatante, un peu molle, que l'on recueille, pétrit, et que l'on conserve en bâtons dans un local à l'abri de tout contact de poussière et de lumière.

Si l'on veut obtenir le nuançage rose nécessaire pour imiter la coloration naturelle des gencives, on broie une partie de carmin de cochenille pour 800 à 900 parties de gutta-percha dans un peu d'eau épaissie avec de la gomme arabique, et on mélange le produit avec la solution de gutta-percha dans le chloroforme avant de distiller.

Le résidu de la distillation prend une teinte rosée uniforme par un pétrissage convenable.

Régénérations des déchets de gutta-percha.

Les procédés de régénération des déchets de la gomme résine, qu'ils proviennent d'objets de rebut par suite d'unusage prolongé ou qu'ils soient de simples déchets de fabrication, sont fort simples, mais cependant il convient d'observer quelques précautions si l'on veut arriver à un résultat vraiment pratique.

Et d'abord, tous les objets de rebut par suite d'usage prolongé ne sont pas également bons pour la régénération et il en est certains qu'il convient même de négliger complètement. C'est ainsi que les bouteilles ayant servi un certain temps comme réservoirs d'acides et principalement d'acide fluorhydrique n'ont plus aucune valeur à ce point de vue : elles ne cuisent plus selon la typique expression de M. Guillot, un de nos plus expérimentés praticiens dans ce genre d'industrie qui, avec sa complaisance habituelle, nous a bien voulu initier aux petits secrets de sa fabrication.

Il en est de même de certaines cuvettes employées par la photographie qui, au bout de quelque temps, se résinifient totalement et qu'il est alors impossible de ramollir pour les utiliser de nouveau.

Un des meilleurs déchets à ce poin de vue est sans contredit celui des canettes pour filatures, soit qu'il provienne de canettes rebutées par un trop long usage, soit qu'il consiste en rognures provenant de la fabrication de ces instruments de travail. Quant aux fils de rebut des conducteurs électriques, il est indispensable de procéder à un triage préalable, les uns étant réellement de qualité supérieure, les autres n'étant préparés qu'avec des gommes très inférieures et souvent mélangés à du caoutchouc vulcanisé.

Pour ces dernières sortes, la régénération est excessivement difficile et les résultats industriels obtenus sont de peu de valeur com-

merciale. Ce qu'il y a de mieux à faire pour les déchets de ce genre, c'est de les chauffer dans de l'eau additionnée d'un peu de soude caustique, puis de les gonfler dans la benzine ou la térébenthine ; en cet état, on les passe au filtre-presse on laisse évaporer le dissolvant employé à une température assez basse, et on se sert du produit obtenu comme adjuvant dans une fabrication nouvelle du même genre. Quoiqu'il en soit, le déchet régénéré est loin de valoir celui dont nous allons parler.

Voici le procédé généralement employé pour travailler les déchets de bonne qualité de la gutta-percha :

Le fabricant, ayant un lot dont il connaît à peu près la valeur et la composition, fait ramollir la matière dans l'eau ordinaire portée à la température voisine de l'ébullition. Si la gutta-percha n'est pas trop résinifiée, ce ramollissement s'opère rapidement (1 heure environ) ; dans le cas contraire, le temps nécessaire à cette transformation est plus long et proportionnel à l'altération.

La matière, rendue suffisamment plastique, est retirée de la chaudière au moyen d'une pelle et projetée sur le sol garni d'une feuille de fer blanc sur le devant d'un appareil lamineur à deux rouleaux cylindriques à écartement variable. Après avoir humidifié suffisamment les rouleaux pour éviter l'adhérence, on passe la pâte très chaude plusieurs fois entre les cylindres en leur donnant chaque fois un sens opposé au précédent passage, de manière à obtenir le plus d'homogénéité possible, et en laissant l'écartement suffisamment grand pour que le gâteau passe assez rapidement et n'ait pas le temps de se refroidir ; en sortant des cylindres la gomme est chaque fois roulée sur elle-même de manière à former un bloc assez volumineux que l'ouvrier reçoit sur une table ou qu'il saisit à la main pour lui faire subir un nouveau passage. Finalement, on donne du serrage aux cylindres et l'on passe une dernière fois les pains obtenus, mais cette fois sans replier la feuille sur elle-même, mais en lui permettant de s'étaler en saumon aplati sur la feuille de *fer blanc* qui se trouve en dessous du laminoir.

A moins que le déchet régénéré ainsi obtenu ne soit destiné à être utilisé de suite, les plaques sont emmagasinées dans une pièce à l'abri de l'air, de la lumière et de l'humidité, pour être ultérieurement vendues ou transformées en objets manufacturés. Dans ce dernier cas, soit que les déchets soient employés seuls ou qu'ils soient mélangés avec la gutta-percha fraîche, les plaques sont de nouveau ramollies dans un bain d'eau chaude pure et repassées dans le laminoir, mais cette fois après avoir été étendues entre deux feuilles de fer blanc qui passent au laminoir simultanément avec la matière à laminer : les feuilles de gutta-percha régénérées s'étendent ainsi uniformément entre ces plaques et prennent l'épaisseur désirée par un écartement convenable des cylindres lamineurs.

Il est à remarquer que les déchets de gutta, généralement noirs, se dépouillent de plus en plus de leur pigment par un passage plus prolongé dans l'eau chaude et que le régénéré acquiert ainsi une couleur brun chocolat de moins en moins intense.

Si enfin le déchet est fortement oxydé, il convient d'employer,

au lieu d'eau ordinaire, de l'eau légèrement alcalinisée par un peu d'hydrate de sodium : il est indispensable de procéder à cette opération avec beaucoup de précautions pour ne pas altérer la matière.

Considérations sur la soi-disant vulcanisation de la gutta-percha. — Nous eussions fini avec ce que nous nous proposions de dire au sujet de la gutta-percha, si, dans nombre d'ouvrages de la littérature spéciale, nous ne voyions traité avec le plus grand sérieux des procédés de vulcanisation de cette gomme-résine. Que l'on ait essayé dans les premiers moments d'engoûment à appliquer la vulcanisation à la gutta-percha, cela se conçoit aisément : mais nous ne comprenons pas comment des chimistes de la valeur de Heinzerling aient pu, trente ans [illegible] emiers essais, relater encore les formules de la première heure, [illegible]que ils sachent pertinemment que l'action du soufre et des [illegible] corps halogènes, loin d'avoir une action bienfaisante sur le[illegible]riétés de la gutta-percha, leur sont, au contraire, nuisibles [illegible]uvent que compromettre la valeur d'une substance dont le prix vénal est déjà suffisamment élevé pour ne pas la gaspiller mal à propos.

Du reste, Heinzerling, après avoir relaté tout au long ce qui a été tenté à ce sujet, conclut par cette phrase mélancolique s'il en fut et qui peint bien le peu de confiance qu'il accorde à ces procédés : « *Nous avons donné ces procédés de vulcanisation pour être complets, mais nous ne pouvons croire qu'actuellement on fabrique encore des objets en gutta-percha vulcanisée.* »

Nous préférons passer sous silence ces essais malheureux, et nous sommes parfaitement en concordance de vue avec ceux qui prétendent que l'homogénéité et la plasticité, étant une des qualités principales à exiger de la gutta-percha, l'on ne saurait trop se garder d'y introduire un corps qui diminuerait cette homogénéité et qui enlèverait une grande partie de sa plasticité.

CHAPITRE VII

MÉTHODE D'ANALYSE DE LA GUTTA-PERCHA

Gutta-percha brute. — Est-il besoin d'insister sur la nécessité d'une méthode d'analyse de la gutta-percha commerciale ?

Comme pour le caoutchouc, nous avons présenté dans un tableau synthétique les principales propriétés physiques qui forment la caractéristique de chacune des principales variétés commerciales de cette matière ; mais ces indications ne sont pas suffisantes lorsqu'il s'agit d'achats importants ou de travaux délicats, comme ceux du revêtement des isolateurs des fils électriques et surtout de ceux des câbles de télégraphie sous-marine.

S'il est utile que l'industriel sache d'une manière précise la quantité précise d'eau dépassant la normale, la somme de matières inertes interposées accidentellement ou intentionnellement, la quantité de gomme oxydée ou résinifiée, la totalité des cendres que peut produire à l'incinération chacune des variétés présentées sur le marché, il est également indispensable qu'il connaisse, du moins approximativement la quantité et la nature des résines étrangères incorporées à dessein dans la gutta-percha pour en atténuer le prix ou mieux pour augmenter le bénéfice soit du récolteur, soit du marchand indigène, intermédiaire obligé entre l'ouvrier récolteur et le négociant de Macassar ou de Singapoure. Si la connaissance de la somme de résistance offert à une force de traction déterminée est également un renseignement utile, il est une notion bien plus indispensable encore lorsqu'il s'agit de fabrication de fils devant servir aux câbles sous-marins : celle de la résistance spécifique d'une gomme donnée.

Nous ne reviendrons pas sur la prise d'échantillons, ni sur la détermination de l'eau d'interposition d'un échantillon de gutta-percha quelconque : les procédés sont absolument les mêmes que ceux que nous avons décrits pour l'analyse du caoutchouc brut, et ce serait nous répéter sans aucune utilité pour le lecteur si nous essayions d'y revenir.

Cependant, nous devons remarquer avec M. Montpellier, chimiste attaché à l'administration des postes et télégraphes, que pour le dosage de l'eau il convient de sécher la gutta-percha soumise à l'analyse à une température de 100 à 110° dans un courant d'acide carbonique. On évite ainsi l'oxydation de la gomme résine et il n'y a pas à craindre une augmentation de poids qui pourrait dépasser celui de l'eau évaporée.

Nous devons également dire, avec le même auteur, que le poids des cendres d'une gutta-percha pure ne doit pas dépasser 0,570 °/₀.

Enfin d'après les nombreuses expériences de Lagarde, les gutta-perchas employées comme diélectrique et ayant un maximum de 0,5 °/₀ de matières minérales et 5 °/₀ d'eau sont considérées, comme assez bonnes, lorsqu'elles contiennent au moins 58 °/₀ de gutte pure, bonnes à 60 °/₀ et très bonnes à 65 °/₀.

La détermination des matières végétales et minérales englobées dans les pains se fait également de la même manière que pour le caoutchouc ; mais, au lieu de prendre comme dissolvant la térébenthine ou le benzol, il est préférable d'employer le sulfure de carbone et le toluène, qui dissolvent mieux la gutta-percha que tous les autres véhicules.

Nous abordons actuellement une des parties les plus importantes de l'analyse de la gutta-percha commerciale : la détermination des matières résineuses oxydées qui se trouvent naturellement dans l'espèce soumise à l'analyse, ainsi que de la somme et de la nature des résines accidentellement ajoutées dans un but ou un autre. La question est difficile et complexe et nous ne nous flattons pas de la résoudre entièrement ; tout au plus pourrons-nous donner quelques indications utiles qui serviront peut-être de matériaux aux recherches de ceux qui viendront après nous.

Le mode de préparation de la gutta pure et de sa séparation avec la fluavile et l'albane nous donne la méthode d'analyse la plus naturelle pour connaître la somme des produits oxydés dont la gutta-percha brute est toujours accompagnée, somme qui varie suivant la nature du végétal, son âge, l'assolement et enfin selon la date plus ou moins récente de la préparation de la gomme résine. Mais ce procédé, basé sur l'ébullition prolongée et le lavage répété du produit brut finement divisé dans l'alcool à 95°, a cet inconvénient d'entraîner quelque peu de gutta dans les dissolutions alcooliques et ne saurait être taxé d'une exactitude rigoureuse : le produit tenu en dissolution dans l'alcool bouillant comprend d'ailleurs aussi bien l'albane et la fluavile que les résines étrangères ayant servi à frauder le produit commercial, ainsi que les résines d'oxydation survenues à la suite du contact de l'air et de la lumière. Voici comment nous avons procédé pour doser une gutta-percha commerciale dont la structure anormale, la couleur, et l'odeur nous indiquaient une gutta-percha évidemment falsifiée et qui certainement avait subi une oxydation après sa préparation.

Par le procédé décrit précédemment, nous avons trouvé dans l'échantillon analysé :

Eau anormale	4,5 °/₀
Débris végétaux et minéraux	3 °/₀
Gutta pure	68 °/₀

Les eaux du lavage alcoolique bouillant ont été soumises à un repos de 5 jours à une température de 10°, puis filtrées à 3 reprises jusqu'à ce que le liquide filtré eût acquis une limpidité parfaite. Le

précipité grenu, qui consistait en albane et fluavile séché pendant 8 jours dans le vide, nous a donné un résultat pondéral de 12 °/₀ et consistait, d'après toutes les réactions connues de ces deux principes immédiats, en fluavile et en albane.

L'évaporation des eaux-mères composées d'alcool et de résine, soit d'oxydation spontanée, soit d'addition nous a fourni, desséché dans le vide et à l'abri de la lumière, un résidu assez semblable à un vernis jaune ambré presque transparent, un peu mou et gluant, pesant 12 °/₀.

Ce résidu repris par l'alcool faible (à 50°), bouillant, et traité par l'hydrate de sodium, n'a laissé après ébullition pendant une heure et demie qu'un produit insoluble de 8 °/₀, tandis que la dissolution sodique avait évidemment absorbé 4 °/₀ environ (savon résineux).

Nous considérons les 4 °/₀ du résidu dissous par l'hydrate de sodium comme le produit de l'altération spontanée de la gutta-percha, tandis que les 8 °/₀ insolubles nous paraissent provenir d'une matière résineuse ajoutée à dessein. Cette matière, très difficile à dessécher, assez semblable à la glu, de couleur jaune paille, brûle avec une flamme très fuligineuse et répand une odeur caractéristique, assez semblable à celle du caoutchouc de Bornéo.

Quant aux essais de résistance sous un effort déterminé, ils doivent se faire suivant la méthode indiquée pour le caoutchouc vulcanisé et décrits plus haut. On devra cependant tenir compte de la différence de nature des deux matières dont l'une, le caoutchouc, se laisse solliciter indifféremment dans tous les sens, tandis que la gutta-percha n'offre aucune résistance dans le sens transversal et ne peut être sollicitée que dans le sens de sa longueur.

Calcul des résistances spécifiques. — Avant d'exposer celle des méthodes que nous croyons la plus simple parmi celles connues pour apprécier la résistance spécifique des diverses variétés de gutta-percha, nous croyons utile de rappeler quelques définitions indispensables pour la parfaite intelligence de ce qui va suivre.

La résistance d'un conducteur est proportionnelle à un facteur f dépendant de la nature du corps formant le conducteur ; elle est aussi proportionnelle à la longueur du conducteur et inversement proportionnelle à sa section; le facteur f a été appelé la *résistance spécifique du corps* ;

Si R est la résistance d'un conducteur, L sa longueur et S sa section, ces quantités sont reliées par la relation

$$R = \rho \frac{L}{S}.$$

La résistance d'un conducteur étant proportionnelle à un facteur dépendant de la nature du corps, ce facteur appelé résistance spécifique, résistivité ou résistibilité, se mesure en ohms-centimètres-en micromhs-centimètres pour les faibles résistivités et mégohms-centimètres pour les grandes résistivités.

Isolants. — Les substances présentant une très grande résistance

spécifique, sont appelées isolants. En général, leur résistance varie avec les conditions dans lesquelles elles se trouvent ; elle est variable avec la température, avec le temps pendant lequel la substance est soumise au courant électrique, avec la pression à laquelle elle est soumise, etc.

Si le caoutchouc à 0°C a une résistance spécifique de $32\,000 \times 10^6$,
« à 24°C « $75\,00 \times 10^6$,
mégohms-centimètres, les différentes variétés de gutta-percha ont une résistance spécifique allant de 25 à 500×10^6 mégohms-centimètres.

Méthode Jenkin par l'électromètre. — On pourrait obtenir l'isolement d'un câble en mesurant à l'électromètre, le potentiel V de la pile auquel on chargerait le câble et celui de v de la charge qui y resterait après t'' secondes et portant ces valeurs dans la formule Siemens

$$R = \frac{0{,}4353\, t}{C \log \frac{V}{v}}$$

Mais ces résistances très élevées, les différences entre V et v sont très faibles, à moins qu'on ne prolonge l'expérience pendant un temps t très long ; et même dans ces conditions les valeurs de V et v seraient limitées par la condition d'être contenues dans l'échelle de l'instrument qui ne comprend, comme on sait, que 720 divisions. M. Fleeming Jenkin a imaginé de prolonger virtuellement l'échelle, de façon à compter les déviations à partir d'un zéro° imaginaire très éloigné. En choisissant convenablement le zéro dans chaque cas particulier, on peut arriver à obtenir toujours des déviations s'étendant sur toute la longueur de l'échelle réelle.

Supposons que l'un des pôles d'une pile de 100 éléments soit à la terre et l'autre relié à l'une des paires de quadrants de l'électromètre, la 2ᵉ paire de quadrants étant elle-même en communication avec le câble isolé à l'extrémité éloignée. Si l'on charge pendant quelques instants le câble au potentiel même de la pile, l'aiguille de l'électromètre restera d'abord au zéro ; mais au fur et à mesure que la charge se perdra, la déviation augmentera. Si l'électromètre dévie de 100 divisions, par exemple, pour une différence de potentiel égale à la force électromotrice d'un élément de la pile, on obtiendra une déviation de 100 divisions sur l'échelle, chaque fois que le potentiel du câble aura baissé d'un centième de sa valeur. La déviation sera de 200, 300, 400... divisions lorsque ce potentiel diminuera de 2, 3, 4 %; enfin si le potentiel devient nul, la déviation, en admettant que la construction de l'instrument le permît, atteindrait un point de l'échelle supposée prolongée suffisamment, point que l'on appelle zéro fictif. Dans l'exemple que nous venons de considérer le zéro fictif se trouverait à la division 10.000.

Dans la pratique le pôle de la pile (Fig. 86) qui est relié à une paire de quadrants, au lieu de rester isolé, est mis à la terre à travers une caisse de résistance R, à curseur m, assez grande

pour que la pile ne puisse pas s'en trouver affaiblie sensiblement par la fermeture du circuit pendant la durée de l'expérience ; une double clef à interversion M_1 permet d'établir ou d'interrompre le courant et d'en changer le sens. Le curseur de la caisse est relié à une seconde double clef M_2, qui communique encore 1° par l'intermédiaire d'un interrupteur I avec les deux paires de quadrants de l'électromètre E. 2° Avec un commutateur B à plusieurs directions auxquelles on attache la terre T et les différents câbles LL à essayer et que l'on peut expérimenter simultanément.

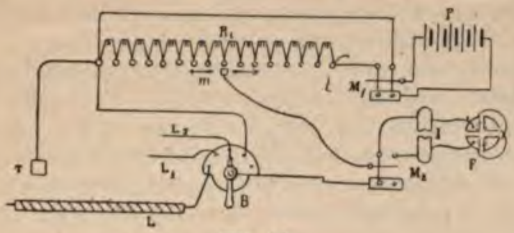


Fig. 86.

Mode d'opération.

On électrifie l'électromètre à l'aide du rechargeur et on amène l'image lumineuse au zéro réel de l'échelle.

On fait glisser le curseur M de telle sorte que le rapport de la résistance *ac* comprise entre le zéro et le curseur, à la résistance ab = 100 soit une fraction très simple : on choisit ordinairement ac = 10, ce qui donne 1/10 pour le rapport des 2 résistances *ac* et *ab* et par suite pour la fraction de la pile qui sert à déterminer le zéro fictif. On enlève la cheville de l'interrupteur I, on place le commutateur B sur le bouton de la terre, puis on abaisse successivement l'un des ressorts de la clef M, et l'un de ceux de la clef M2. L'une des paires de quadrants se trouve ainsi en communication avec le curseur *m*, l'autre directement avec la terre ; le produit par 10 de la division à laquelle s'arrête l'image lumineuse sur l'échelle représente la division Z correspondant au zéro fictif.

On reprend la même mesure en renversant les pôles de la pile, puis on rétablit les clefs M_1 et M_2 dans la position normale ; on met la cheville dans l'interrupteur I et on fait glisser le curseur *m* jusqu'à la division 100 de la caisse R.

On abaisse de nouveau une des touches de M_1 et M_2 et à l'heure fixée pour le commencement de la charge, on fait tourner la manette du commutateur B de manière à mettre son axe et, par suite, la pile complète P en communication avec le câble L à essayer : une charge de 15 secondes suffit ordinairement pour 100 milles de câble. Au bout de ce temps, on retire la cheville de l'interrupteur I ; à mesure que le potentiel du câble décroît, l'index lumineux s'éloigne davantage, sur l'échelle, du zéro de la graduation. Si l'on veut

avoir de l'isolement au bout de la seconde minute, par exemple, on prend les déviations cl_1 et cl_2 correspondant aux temps 1′ 45″ et 2′ 15″ à partir du premier contact de la pile avec le câble et on les porte dans la formule

$$R = \frac{0{,}4343 \times 30}{C\left[\log (z - d_1) - \log z\,(z - d^2)\right]}$$

On fait les lectures aux temps 4′ 45″ et 5′ 15″ et on porterait les déviations dans la formule ci-dessus, si on voulait avoir l'isolement au bout de la cinquième minute.

Dans le cas où, par suite d'une chute exceptionnelle du potentiel, l'index lumineux sortirait des limites de l'échelle réelle, on l'y ferait rentrer en faisant glisser le curseur m vers le zéro de la caisse ; on ajouterait alors à chacune des lectures faites sur l'échelle le nombre de divisions correspondant au déplacement permanent du curseur.

Les mesures ainsi prises sont d'une netteté remarquable, n'étant pas troublées par les variations du courant de la pile d'essais, et d'une délicatesse merveilleuse qu'on peut accroître pour ainsi dire indéfiniment en augmentant la sensibilité de l'instrument, la puissance de la pile et l'intervalle de temps qui sépare les deux lectures. On peut, en outre, avec un seul instrument, procéder dans les usines, simultanément, aux essais d'un grand nombre de câbles.

Résistance spécifique du diélectrique. — Ces données admises, soit l la longueur d'un câble dont la résistance d'isolement est R, et ρ la résistance spécifique du diélectrique employé, c'est-à-dire celle d'un cube ayant pour côtés, l'unité de longueur. Faisons dans le câble une section perpendiculaire à l'axe et considérons la couche du diélectrique d'épaisseur dx située à la distance x de l'axe.

La résistance sera

$$dR = \rho \frac{dx}{2\pi x l}.$$

Si donc d et D désignent les diamètres intérieurs et extérieurs de l'enveloppe isolante

$$R = \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{dx}{2\pi x l} = \frac{\rho}{2\pi l} \log \frac{D}{d}$$

d'où

$$\rho = 2{,}728 = \frac{2 \times R}{\log \frac{D}{d}}$$

log. représentant les logarithmes vulgaires.

La résistance à la température de 24° C d'un cube d'un mètre de côté est, en moyenne pour la gutta-percha de

$$3,55 \times 10^6 \text{ megohms.}$$

(Jenkin. Cantor lectures).

Essai de la gutta-percha manufacturée. — Il importe parfois à l'électricien, au fabricant d'appareils téléphoniques, etc., de connaître le degré plus ou moins grand de pureté de la gutta-percha qu'il emploie ou dont sont garnis les appareils qui lui sont livrés tout prêts par le manufacturier. Une analyse comparative seule peut lui donner quelques indications utiles : il devra comparer par le dosage des cendres et leur analyse immédiate l'échantillon suspect en regard d'un type d'une pureté reconnue ; si l'incinération ne lui suffit pas, la dissolution, par le sulfure de carbone ou le toluène, de la gutta-percha à analyser et l'examen du résidu insoluble lui donneront la somme et la nature des substances minérales additionnées par fraude. Quant aux résines, bitumes, etc., il les reconnaîtra aisément par le traitement de l'échantillon à l'alcool bouillant : par le refroidissement, les résines naturelles à la gutta se déposeront totalement en opérant comme précédemment : la quantité, la couleur, l'odeur, la teinture du résidu d'évaporation des eaux-mères lui donneront des indications suffisantes sur les proportions et la nature de l'adultération.

CHAPITRE VIII

SUCCÉDANÉS DE LA GUTTA-PERCHA

Comme pour le caoutchouc, les prix excessifs auquels a atteint la gutta-percha de bonne qualité ont amené l'industrie à chercher le moyen de la remplacer en totalité ou du moins partiellement et, pour certains emplois spéciaux, par des produits naturels ou par des compositions présentant quelqu'analogie avec cette matière.

C'est ainsi qu'un grand nombre de substances ont été proposées pour remplacer la gutta-percha dans la fabrication des câbles, en vue d'obtenir des isolants plus économiques ou résistant mieux à l'oxydation, aux variations de température, aux attaques des insectes et aux autres causes de destruction de ces matières.

Plusieurs de ces substances présentent au début des qualités diélectriques remarquables, mais jusqu'à présent, on n'a trouvé chez aucune d'elles l'inaltérabilité presqu'indéfinie de la gutta-percha conservée sous l'eau.

On a essayé d'abord l'emploi de la paraffine, mais cet hydrocarbure est trop cassant et l'on ne s'en sert que pour préserver temporairement du contact de l'air les extrémités des fils recouverts de gutta-percha.

Puis ce fut le tour de l'*Ozokérite*.

Cette substance, qu'on appelle aussi Cérésine ou cire minérale, est un carbure d'hydrogène qui se trouve naturellement intercalé en couches assez volumineuses dans les roches schisteuses voisines des sources de pétrole dans la Galicie, la Hongrie, de Bakou sur la mer Caspienne, les états d'Utah et d'Arizona dans l'Amérique du Nord. La matière brute soumise à une fusion préalable pour la dégager de sa gangue minérale qui est d'environ 15 °/₀, est soumise ensuite à la distillation qui fournit environ 15 °/₀ d'une huile paraffinée d'où l'on retire l'Ozokérite concrète par le refroidissement. La force centrifuge et une compression énergique débarrassent le dépôt de l'excès d'huile minérale interposée. Le rendement est généralement de 25 °/₀ de la matière brute.

C'est un corps légèrement ambré, à cassure granuleuse très fine, ayant beaucoup d'analogie avec la cire blanche animale. Elle fond de 70 à 80°, n'est pas saponifiable par les alcalis et n'est pas attaquable par l'acide sulfurique même chauffé à 100°. Les agents atmosphériques n'ont pas d'action sur la matière ; elle est en même temps un bon diélectrique.

Combinée avec de petites quantités de caoutchouc, elle donne des

produits plus mous et plus plastiques et qui peuvent rivaliser avec elle comme isolement et comme capacité inductive. Henly emploie l'ozokérite de la manière suivante : le conducteur en cuivre étamé est recouvert d'abord de caoutchouc pur, ensuite d'une composition séparative grise, puis d'une composition noire, matières tenues secrètes, et enfin d'ozokérite pure ; l'âme est enveloppée d'une couche de feutre imbibé d'ozokérite. L'isolement de ces câbles paraît s'élever jusqu'à 5 000 megohms par mille marin, après 5 minutes d'électrisation, et 24 heures d'immersion dans l'eau à 24° C.

Nigrite. En mastiquant ensemble, à la plus basse des températures nécessaires pour les amener à l'état plastique du caoutchouc et le résidu de la distillation de l'ozokérite, on obtint une substance mécaniquement supérieure à la gutta-percha, moins sensible à l'action de la chaleur que le caoutchouc, possédant un pouvoir isolant supérieur à la gutta-percha et une capacité inductive notablement inférieure. MM. Clark, Muirhead etc., ont fabriqué des câbles de torpilles, qui paraissent avoir donné de bons résultats pendant plusieurs années.

Nous ne parlons que pour mémoire du produit obtenu par la distillation du goudron de bouleau blanc, de la kérite, du caoutchouc Bruce-Warren, enfin du diélectrique employé pour les câbles Brooks, composé certainement de résines et d'huiles résineuses solides à la température ordinaire. L'isolement de ces câbles est extrêmement élevé : plusieurs échantillons essayés en Angleterre à plusieurs mois d'intervalle y ont cependant donné régulièrement un isolement de 19 000 megohms par mille. Nous n'insistons pas davantage sur la composition Wray employée surtout dans les pays chauds où la gutta-percha ne pourrait subir l'action de l'atmosphère ambiante sans se ramollir et même fondre. Cette composition préparée par un mélange de gomme-laque de caoutchouc, de silice et d'alun pulvérisé additionné de 1/9 de son poids de gutta-percha est profondément et rapidement altérée par l'eau de mer.

La nitrocellulose convenablement dissoute et proposée par Nobel (voir page 288-290) donnera-t-elle les résultats que l'inventeur annonce ; l'avenir nous le dira et jusqu'à preuve du contraire, il nous faudra nous en tenir à ce que nous disions au commencement de ce chapitre.

APPENDICE DE LA IIe PARTIE

—

Nous n'entrerons pas dans la description des procédés de fabrication industrielle des articles en gutta-percha et nous préférons revenir à ce sujet dans un volume spécial s'il y a lieu.

Mais ici, comme pour la 1re partie de cette monographie, nous donnerons une petite place à la statistique, quoiqu'elle soit moins intéressante et moins instructive, les données fournies étant trop générales ; la gutta-percha n'a d'ailleurs pas de type comme le para-caoutchouc pour la gomme élastique et il est impossible, par conséquent, d'établir un graphique des variations annuelles des prix de cette matière ; elle est peut-être tout aussi bon marché aujourd'hui qu'autrefois, mais la qualité s'est bien modifiée sans qu'il soit possible de donner une définition bien exacte du produit commercial 1re qualité.

Comme c'est encore le marché anglais qui est le régulateur en cette matière, comme c'est vers les ports de la Grande-Bretagne que sont dirigés les 9/10 au moins de la production, ce sont encore les statistiques anglaises qui nous fourniront les meilleurs éléments d'appréciation (voir le tableau, pages 428-429).

Des chiffres fournis par ce tableau nous pourrons déduire que les importations en gutta-percha brute en Angleterre montent pour les années

Années	Kilos	Dont la valeur déclarée en douane
1883	3,280,400k	11,922,025fr
1884	3,214,440	11,518,650
1885	2,708,005	8,695,770
1886	2,067,380	6,745,200
1887	1,225,556	3,914,075
1888	1,142,023	4,541,500
1889	2,440,533	14,375,725
1890	3,563,438	19,957,400
1891	3,092,004	18,371,975
1892	2,313,248	14,989,775
1893	2,055,893	8,589,825
1894	2,380,918	11,156,975
Total en kilos	29,485,838k	133,826,895fr

pendant la période duodécennale 1893-1894, c'est-à-dire que le prix de la gutta a atteint une moyenne de 4 fr.65, chiffre évidemment trop bas si l'on veut jeter un regard sur la cote actuelle des bonnes espèces (ou réputées telles) de gutta-percha (Marché de Londres, 8 janvier 1895).

Gutta-percha :	fine et pure, le kilo	13,75 à 15,12 1/2
—	moyenne à bonne	8,26 à 11
—	Penang	2,65 à 8,25
—	blanc dur.	7,55 à 8,92 1/2
—	manille	0,86 à 1,82 1/2

Il est ainsi facile de tirer les conclusions : les quantités expédiées dans les dernières années sur le marché de Londres qui absorbe environ les 9/10 de la production ont plutôt augmenté que diminué ; mais la qualité de ces arrivages a dû singulièrement perdre pour qu'aux prix pratiqués actuellement 2 38838 kg ne coûtent que 11 156 975 francs, tandis qu'en qualité bonne moyenne au prix de 9 fr. 60 le kg (Cote de Londres du 8 janvier 1895), la même quantité coûterait 22 856 044. francs, c'est-à-dire un peu plus du double. Nous ne croyons pas avoir à insister davantage sur les enseignements à tirer de ces chiffres.

Des quantités de gutta-percha brute importées en Angleterre, il convient de défalquer les réexportations. Pendant la même période duodécennale, janvier 1883 à fin 1894, l'Angleterre a réexpédié dans les différentes contrées manufacturières étrangères 5 357 482 kg de gutta-percha brute, équivalente à une somme de 21 522 975 francs. Ces réexportations se répartissent comme le montre le tableau, pages 430-431.

IMPORTATIONS DE GUTTA-PERCHA BRUTE

(1er Janvier 1883 à fin Décembre 18

Mois	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Janvier	34 157,600	229 768,400	383 032,000	178 968,400	74 879,200	87 627,00
Février	515 604,800	483 000,600	157 988,000	320 598,800	34 036,800	47 142,00
Mars	253 847,600	225 989,200	314 147,200	169 519,600	124 358,400	85 852,00
Avril	278 231,600	389 239,600	120 040,400	128 676,400	185 369,200	60 909,20
Mai	108 153,200	345 490,800	181 610,000	202 590,400	141 315,600	162 509,20
Juin	358 800,400	289 589,200	175 663,200	39 827,200	110 591,600	129 541,80
Juillet	117 246,400	281 127,200	143 916,400	121 869,200	75 438,000	51 562,00
Août	209 067,200	231 190,800	355 142,800	226 822,000	66 259,200	150 571,200
Septembre	280 924,000	223 570,800	162 407,600	251 510,800	103 987,600	138 521,600
Octobre	324 220,000	123 799,600	367 375,600	59 358,200	93 522,800	91 998,800
Novembre	200 860,000	159 766,000	113 690,400	220 014,800	71 272,400	79 502,00
Décembre	599 287,600	232 308,400	262 991,600	147 624,800	144 475,200	56 286,40
Total de l'année	3 280 400,400	3 214 440,600	2 708 005,200	2 067 380,600	1 225 556,000	1 142 023,20

ERRE PENDANT LA PÉRIODE DUO-DÉCENNALE

: calculé en kilos, le CWT = 50k,800).

89	1890	1891	1892	1893	1894	Mois
869,200	262 026,400	319 438,400	116 027,000	128 318,400	343 357,200	Janvier
100,400	366 572,800	345 084,400	193 852,800	135 432,800	194 564,000	Février
445,200	266 192,000	296 294,800	143 662,400	227 076,000	370 586,000	Mars
956,400	416 863,200	311 810,400	296 875,200	52 019,200	246 532,400	Avril
615,600	330 454,000	339 517,200	416 916,600	204 673,200	212 598,000	Mai
742,400	159 207,200	222 605,600	158 546,800	166 573,200	160 934,400	Juin
368,400	205 790,800	254 457,200	78 689,200	228 396,800	208 534,000	Juillet
310,800	238 988,800	221 312,200	185 334,400	145 186,400	190 449,600	Août
361,600	359 410,000	245 211,600	203 504,800	64 211,200	135 721,600	Septembre
183,600	466 088,000	158 748,000	154 076,400	248 076,400	150 012,400	Octobre
856,000	278 231,600	183 896,000	158 616,400	183 794,400	110 490,000	Novembre
424,000	213 614,000	193 598,800	206 146,400	272 135,600	57 140,000	Décembre
533,600	3 563 438,200	3 092 004,600	2 313 248,400	2 055 893,200	2 380 919,600	Total de l'année

RÉEXPORTATION DE LA GUTTA-PERCHA BR

(1er Janvier 1883 au 31 Décembre 1

Mois	1883	1884	1885	1886	1887	1888
Janvier	46 482,000	12 141,200	77 288,400	23 063,200	65 806,800	40 182,80
Février	5 257,200	16 814,800	58 775,600	33 578,800	49 733,200	17 627,60
Mars	30 509,200	26 873,200	31 191,200	52 070,000	61 610,400	54 305,20
Avril	80 699,600	28 651,200	43 535,600	97 993,200	9 144,000	20 250,80
Mai	45 008,800	58 115,200	47 001,200	18 084,800	19 354,800	32 308,80
Juin	36 287,200	29 362,400	7 487,600	47 498,000	19 761,200	33 578,80
Juillet	38 963,600	57 200,800	43 332,400	78 790,800	67 703,600	49 123,60
Août	58 318,400	47 752,000	43 180,000	25 044,400	30 886,400	30 530,80
Septembre	24 079,200	40 284,400	30 632,400	57 861,200	40 268,400	25 400,00
Octobre	28 954,400	29 514,800	19 761,200	45 481,400	38 100,000	40 079,60
Novembre	20 167,600	11 430,000	56 946,800	59 232,800	21 386,800	38 658,80
Décembre	39 522,400	32 369,600	36 220,400	46 888,400	26 263,600	43 238,80
Total de l'année	500 249,000	370 509,600	495 302,800	585 587,000	450 019,200	425 285,60

D'ANGLETERRE PENDANT LA PÉRIODE DUO-DÉCENNALE

(Le tout calculé en kilos, le CWT = 508 kilos).

1889	1890	1891	1892	1893	1894	Mois
32 626,800	33 164,800	19 761,200	20 167,600	20 370,600	70 815,200	Janvier
19 304,000	57 404,400	16 814,800	17 322,800	19 761,200	60 553,600	Février
36 322,000	54 955,600	34 442,400	26 670,000	35 509,200	49 987,200	Mars
40 487,600	67 210,400	68 021,200	26 670,000	18 948,400	30 175,200	Avril
44 348,400	50 098,800	43 535,600	44 907,200	100 838,000	25 754,000	Mai
20 370,800	25 603,200	29 464,000	56 032,400	46 228,000	4 064,000	Juin
31 292,800	38 709,600	35 458,400	30 988,000	25 004,400	30 022,800	Jnillet
16 916,400	29 260,800	8 229,600	36 728,400	18 694,400	22 199,600	Août
35 306,000	52 222,400	5 384,800	28 397,200	21 285,200	57 099,200	Septembre
38 760,400	82 042,000	20 624,800	19 050,000	20 066,000	31 851,600	Octobre
29 819,600	60 655,200	37 592,000	45 429,200	23 012,400	17 272,000	Novembre
69 646,800	38 303,200	6 197,600	53 238,400	27 686,000	5 435,600	Décembre
417 101,400	589 670,400	325 526,400	405 591,200	387 413,800	405 230,000	Total de l'année

Si nous groupons ces chiffres par annuités en mettant en regard le prix de la valeur déclarée en douane, nous obtiendrons pour réexportations les chiffres suivants :

Années	Kilos	Soit une valeur en francs
1883	500,249	2,100,475
1884	370,509	1,417,325
1885	495,302	1,766,400
1886	585,587	1,886,475
1887	450,019	1.542,900
1888	425,285	1,559,300
1889	417,101	1,884,650
1890	589,670	2,945,500
1891	325,526	1,427,450
1892	405,591	1,410,325
1893	387,413	1,816,550
1894	405,230	1,765,225
Total de kilos	5,357,482	21,522,975

Pour la période de neuf années commençant au 1[er] janvier 1885 et finissant au 31 novembre 1893, ces chiffres de réexportation se répartissent entre les pays industriels de la manière suivante, d'après l'importance de leur production :

Pays	Kilos	Soit une valeur en francs
Allemagne	1,677,771k	6,047,700k
France	904,505	4,091,250
Hollande	568,147	2,249,000
Etats-Unis	399,592	1,827,525
Autres pays industriels	387,045	1,719,875
Colonies Anglaises	125,730	304,676

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

—

Abridgements of specification relat. to the preparation of India-Rubber and Gutta-Percha, 1791-1876. — Printed by order of. the commissioners of. patents. London, 1884.

Achard (F). — Essai sur la résine élastique ; Mémoire des scruteurs de la nature. Berlin, 1877.

Adriani (Arius). — Verhandling over Gutta-Percha en Caoutchouc door, Specimen chemicum de Gutta-Percha et Caoutchouc. Thèse inaugurale. Utrecht, 1850. Ed. Kemink et fils.

Voir aussi : Jamson's New-Edimb. Philosophical Journal. T. XXXIX, p. 238. — Jahresberichte der Chemie, 1850, p. 519. — Chemical News, T. II, p. 277-289-313 et Chem. Pharm. Centralblatt, p. 17, 1851.

Researches on the juices of the Ficus elastica and the Isonandra Gutta ; Chemical News. T. II, p. 277, 289 et 318, 1860.

Agriculturist (Indian). — Para India Rubber Tree. (Hevea Braziliensis) 7 mars 1877.

American Exporter. — India Rubber in Honduras. 12 juin 1881.

Annales du Museum d'Histoire naturelle. — Analyse du Caoutchouc fossile. Paris. T. II, p. 261.

Anonyme. — From the Forest to the foot. (Généralités). Boston, 1890.

Annuaire de l'Indo-Chine française. — Climatologie et acclimatation des arbres à Caoutchouc. Saïgon, 1889.

Arago. — Sur l'emploi du Caoutchouc pour unir, sans le secours du mastic, le col des ballons destinés à renfermer des gaz, au cuivre du robinet qui ferme ce col.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. T. XIII, p. 787.

Armengaud Ainé. — Fabrication du caoutchouc vulcanisé. Traitement du caoutchouc souple et du durci. Procédés Goodyear et Armstrong de Parkes et Hancock. — Liste des brevets pris de 1820 à 1855. Usine Guibal et Cie. — Perfectionnements apportés par Guibal. — Description des planches 2 et 3. Publications industrielles. Paris, 1857 (Machines outils et appareils.) T. X, p. 27-74.

Aronstein et Sirks. — Diffusion des gaz à travers le caoutchouc.

Zeitschrift für Chemie, 1866, p. 260.

Arppe. — Composition chimique de la gutta percha.

Journal für pracktische Chemie. T. LIII, p. 171. — Dingler polytechnisches Journal. T. CXXI, p. 442.

Journal of the Society of. Arts. — Collection of the juice of the India Rubber tree. — Proc. J. Strauss. — 4 juin 1880, 30 juin 1880. — India Rubber in the United-States of. Colombia. — 2 décembre 1881.

The India Rubber industry of Dutch-Guyana (Guyane holland.). 23 octobre 1891, p. 886. London.

Aublet. — Histoire des plantes de la Guyane française. T. I, p. 268, tab. CV et p. 308. Balata, 1775.

Aubry-Leconte. — Catalogue des Colonies français de l'exposition de 1878-1879.

Baillon. – Dictionnaire de Botanique. Paris, 1876.

Sur les nouveaux arbres à caoutchouc colombiens, 1885.

Botanique médicale. — P. 994 et 934, 998.

Balard. — Le travail du caoutchouc.

Extrait des rapports sur l'industrie des nations. Exposition internationale de Londres, 1851.

L'industrie du caoutchouc.
Extrait des rapports sur l'industrie des nations. Exposition universelle de Paris, 1855.
Moniteur scientifique de Quenesville, 1857-1858, p. 858-870.

Bard (E.). — Le caoutchouc de l'Amazone. — Le caoutchouc du Pérou. — Paris, 1888.

Barniard. — Dissolutions du caoutchouc appliquées à l'industrie.
Journal de physique, 1784. Paris. T. XVII, p. 279.

Barral. — Rapport sur l'industrie du caoutchouc et de la gutta-percha. — Exposition universelle, 1862. Vol. XI, p. 149-153.

Barreswil. — Rapport sur le procédé de MM. Gérard et Aubert pour la confection du fil continu en caoutchouc par pression.
Bulletin de la Société d'Encouragement, 1853, p. 57.

Barreswil et **A. Girard.** — Caoutchouc et gutta-percha.
Dictionnaire de Chimie industrielle, p. 401 et 433. Paris, 1861. Desobry, Madeline et Cie.

Bates. — Histoire naturelle du fleuve des Amazones, 1863. T. I, p. 142.

Baucher. — L'arbre de Kariti. — Archives de Médecine navale, novembre 1883.
Etudes sur les arbres à caoutchouc de la Sénégambie. — Extrait du Bulletin de la Société de Géographie commerciale de Bordeaux. Juillet 1884.

Baumhauer (E. H. van). — Composition chimique de la gutta-percha. — Latex des Guttifères.
Aranteckeningen van het verhandelde in de sectio vergarderingen van het Provincial Utrechts genootschap van Kunstenen. — Wesenchappen te Utrecht 1856. Van der Porck. ed.
Voir. Journal für pracktische Chemie. T. LXXVIII, p. 277.

Bayle (C.). — Commerce du caoutchouc dans les Rivières du Sud. — Extrait des Rivières du Sud, la Mellacorée et la Colonie de Sierra Leone. Paris, 1890.

Beauvisage (Dr). — Contribution à l'étude des origines botaniques de la gutta-percha. — Thèse inaugurale. Paris, 1881.

Bentham et Hooker. — Généra plantarum ; p. 692, 1873.

Bentley and Trimens. — Origines botaniques de la gutta-percha. — Medical-Plants Part. 35, p. 16 (1878).

Berkhout (A. H.). — Over de Toekomst der caoutchouc, cult. in Ost India. (Caoutchouc et gutta-percha dans les Indes orientales Néerlandaises).
Oijdschrift van Nijocrheid en Landbow Batavia, 1884 et 85.

Bernard. — Distillation du caoutchouc. Bulletin de la Société d'Encouragement de Paris XXXIV, p. 136.

Bernard. — Mémoire sur le caoutchouc ; Observation sur le physique. T. XVIII, p. 263 et XVII, p. 279, 1781.

Bernardin (M.). — Classification de 100 caoutchoucs et gutta-perchas. Gant, 1872. E. Cannoot-Brackmann, ed.
L'Afrique centrale ; étude sur ses produits commerciaux, 1877.
Les richesses du Globe à l'expos. d'Anvers. Bullet. de la Soc. roy. de géogr. d'Anv. p. 249, 1885.

Berthelot. — Action de l'acide iodhydrique sur le caoutchouc. — Bulletin de la Société chimique de Paris, 1869, p. 33.

Bevan. — Report on caoutchouc, 1872. British manufacturing Industries, 1877, p. 97-109.

Bianconi. — Les castilloas. Le Mexique. Paris, 1889.

Biolley (P.). — Reconstitution des forêts de caoutchouquiers à Costa-Rica. Costa-Rica et son avenir. Paris, 1889.

Bleckrod (Dr). — The Bullet-Tree (Balata Gum). Journal of the Soc. of the Arts. London, 1857.

Blossom (Essayeur à l'école des Mines Colombia Collège). — Du caoutchouc et de la gutta-percha au point de vue chimique. Moniteur scientifique de Quesneville, 1871, p. 812, 816, 887, 893. 1872, p. 85, 232, 327, 521.

Bobet (Réné). — Le caoutchouc et la gutta-percha à l'exposition universelle de 1889. Extrait de la Revue technique de l'exposition universelle de 1889. Paris, 1893. E. Bernard, ed.

Boehnke-Reich. — Kautschuk und seine neue Kultur in British-Indien ; Bot. Iaheresbericht. T. II, 1884.

Boileau. — Recherches sur l'élasticité du caoutchouc vulcanisé. Comptes rendus de l'académie des sciences de Paris. T. XLII, p. 933.

tembre 1881. The Rubber Tree Planting Inustry in Ceylon 1887, 27 février 1887.

J. Chaffanjon. — Mode d'opérer des Gomeros du Vénézuela. Orénoque et Caura. Paris, 1889. XVIII, p. 29.

Récolteurs du caoutchouc au Vénézuela. Mon dernier voyage au Vénézuela. Bulletin de la société de géographie commerciale. T. X, p. 15.

Chalot. — Du Manihoot Glaziowii. Journal off. du Congo français, 1893. — (Voir bibliothèque du musée colonial, 2e série, N. 32.)

Champion. — Sur la Dambonite et le Dambose nitré. Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, T. LXXIII, p. 114.

Chandler C. F. — Properties and composition of the India Rubber Juice. Ferguson's compilation, p. 154.

Chapel (L.). — Le caoutchouc et la Gutta-Percha. Paris, 1892. Marchal et Billard Ed.

Rapport sur le caoutchouc et la Gutta-Percha. Extrait du rapport du groupe V, classe 45. Exposition universelle de 1889. Paris. Imprimerie nationale, 1891.

Charlevoir (Le P.). — Histoire de l'île Espagnole (St-Domingue). Amsterdam 1733 T. I, p. 52.

Charpentier Cossigni. — Annales maritimes, p. 260, 1813.

Chaumeton. — Iatropha elastica. Flore médicale. T. II, p. 139, tab. XCIII, 1815.

Chevalier. — Culture de l'hévéa guéaninsis. Rep. de Pharmacie, p. 719, 1877.

Christy. — New commercial plants, Londres. No 2, p. 10, 1878.

Chronique Industrielle. — Le caoutchouc et ses applications, 1879. (2e année). N. 36. 37. 38.

L. Clark. — Action des agents chimiques sur le caoutchouc. Journal of the chemical soc. London, 1864, p. 44.

Clark (de Boston). Factices Sur le traitement des huiles végétales pour l'imperméabilisation des étoffes.
Chemiker Zeitung. 1879.
Moniteur scientifique de Quesneville, 1879, p. 1231.

Classen (Alex). — Quantitative chemische analyse durch Electrolyse. Berlin, 1886. J. Springer. 2 ed.

Claussen (Le Chev. de). — Du mangabeira. Comptes rendus de l'association britannique, 1855, p. 103.

On the hancornia speciosa; artificial gutta-percha and India-rubler; Journ. T. XV, p. 237-8, 1885.

Clavel. — Le caoutchouc appliqué à la chirurgie. Gazette hebdomadaire, 1865.

Claysen. — Du caoutchouc. — Courrier de la Guadeloupe, 23 septembre 1890.

Cloëz. — Rapport sur la Parchemine, l'ivoire végétale et le caoutchouc dentaire d'*Eugène Turpin*. — Bulletin de la Société d'Encouragement de Paris, 1877, p. 559.

Cloëz et A. Girard. — Sur la présence du chlore et du soufre dans le caoutchouc naturel ou manufacturé. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, T. I, p. 874.

Clough (R. Stewart). — India rubber Gathering (récolte du caoutchouc). Article reprinted from the Welcome by kind permission of S w Partridge et Co. — Ferguson's compilation p. 181-185.

Clouth (Franz). — L'industrie du caoutchouc ou caoutchouc et Gutta-Percha. Origines, pays producteurs, obtension du produit brut, préparations industrielles, emplois et statistiques. — Weimar, 1879. B. F. Voigt Ed.

Cnipper (Ch. de). — Revue universelle des Mines et Métallurgiess. — 20e année, T. XXXIV, septembre et octobre 1873.

Collins (James). — Acclimation of tree yielding India Rubber and Gutta-Percha. Journal of Botany, 1868.

Le caoutchouc, son histoire, son commerce et sa production. Society Roy. of Arts, 15 novembre 1869. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1870. T. XII, p. 200-229.

Report on caoutchouc of commerce. (Being information on the plante yielding it, their geographical distribution, climatic condition and the possibility of their cultivation and acclimatation in India.
London. Pharm. Society of London 1869.

Gutta-Percha in Britisch manufacturing Industries. Stanford.

Acclimatation of trees yielding India Rubber and Gutta Percha. Ferguson's compilation, p. 140-143.

Notes on the varieties of Gutta-Percha. — Journal of the society of arts, 1884. Janvier et suivants.

Colon (le) de la Nouvelle-Calédonie à l'exposition universelle de 1889. — Le Cerberiopsis Candelabris (Apocynée), p. 134-140.

Colonies and India. — India rubber and gutta-percha in the Far-East, 12 mai 1882.

Comptes rendus des travaux de la compagnie de surveillance de l'exposition permanente des colonies. Du Caoutchouc et de la Gutta-Percha. 2e trimestre, 1882.

Condamine (de la). — Mémoires sur une résine élastique appelée caoutchouc ; Mémoire présenté à l'Académie des Sciences, p. 319, 1751.

Coudreau. — Caoutchouc de l'Amazonie. Voyage de Mapa à Macapa. Revue Sud-Américaine, 1er mars 1886 et Bulletin de la Société de géographie commerciale. T. VIII, p. 134. T. XI, p. 527. — Etudes sur les Guyanes et l'Amazonie. — Paris. 1886, T. I. p. 83.

Corre et Lejeanne. — Archives de médecine navale, 1876-1877.

Crace-Calvert. — Abstract of a lecture on caoutchouc and gutta-percha, t. XII, p. 423-426, 1853.

Cross (**Robert**). — The India Rubber acclimatation expériment. Pharm. Journ. and. Trasactions, p. 195, 1876.

The American India Rubber trees at Nilambur. Indian Forester, octobre 1881.

Report on the investigation and collection of plants and seets of the India Rubber of Para and Ceara Balsam of Copaiba ». — Ferguson's compilation.

Crozat (**Ch. de Fleury**). — La gutta-percha au Cambodje ; Bul. de la Soc. de Géographie commerciale. Paris, T. X, p. 634, 1888.

Cullen (**G. W.**) — System of military bridges, New-York, 1869.

Dallas. — Photographie India rubbers Stéréotypes. Photographie News. 1886, p. 819.

Davillé. — La colonisation française aux nouvelles-Hibrides. — Paris, 1895. J. André etc. Ed.

Davrainville. — Caoutchouc de la Nouvelle-Calédonie. France australe, 5 novembre 1892.

Delabarre. — Note sur l'emploi du caoutchouc dans le traitement des difformités et des maladies du système dentaire. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris. T. XVIII.

Delpech. — Maladies propres aux ouvriers en caoutchouc. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris. T. XLI, p. 908.

Sur les accidents que développe chez les ouvriers en caoutchouc l'inhalation des vapeurs de sulfure de carbone. — Comptes rendus, T. XLII, p. 586.

Dent (**W. V.**) — India Rubber and Gutta Percha. — Official catalogue international, inventions, exhibition p. 215. London, 1885.

Desclabissac (**Ed.**). — Ficus elastica. Verhandlungen des Versins zur Befoerderung des Gewerbfleisses in Preussen, 1875, p. 235.

Desormeaux. — Nouveau manuel complet du fabricant d'objets en caoutchouc, gutta-percha, gomme factice. Paris, 1855.

Dictionnaire de médecine et chirurgie pratique.

Le caoutchouc. Paris, 1867. T. VI, p. 250.

Dietzel. — Compressibilité du caoutchouc vulcanisé. Polytechniches centralblatt, 1857, p. 689.

Dingler. — Du chlorure de soufre et son emploi dans la vulcanisation (d'après Payen, Fawsitt, Thorpe et Dalzile, Dittmar et Ablot.) — Journal Polytechnique, 1873. T. XXXVI, p. 363.

E. Donath. — Essai du caoutchouc vulcanisé. — Zeitschrift fur angewandete chemie, 1877, p. 77. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1887, p. 970.

Duchemin. — Note sur l'Isonandra percha. Bul. de la Soc. des Amis. des Sciences nat. de Rouen, p. 74, 1894.

Dumas. — Traite de Chimie appl. aux arts, T. VII, p. 401, 1844.

Dumont d'Urville. — Les arbres à caoutchouc de Madagascar. — Voyage autour du monde, 1868, p. 99.

Durand (**Phien de la marine**). — Rapport sur la Gutta-Percha à l'exposition univ. de 1889. Bibliothèque de l'expos. permanente des colonies. N° 10.

Duvivier et Chaudel. — Report of

Patent Invent. (Gutta-percha). Juillet 1855.

Dybowski. — Le caoutchouc, sa culture au Congo. Bulletin de la Société d'Encouragement. Compte rendu de la séance du 22 février 1895.

Dyer, (Th.). — Report of the Royal Garden at Kews p. 39, 1878.

Eder et Toth. — Solutions de caoutchouc. — Photographische Correspondenz. 1881 et Chemiker Zeitung 1881. Moniteur scientifique de Quesneville 1881, p. 987.

Eeden (T. V. van). — Een nieuwe cultuur in Nederlandsch'India 1884.

Encyclopédie Britannique. — India-Rubber. T. XII, p. 835-842. Gutta-Percha. T. XI, p. 337-339. London, 1885, 9e édition.

Encyclopédie du XIXe siècle. — Caoutchouc brut. — Odeur fétide de certaines espèces. Paris, 1870.

Encyclopédie (La grande). — Le Caoutchouc. T. IX, p. 134-146. La Gutta-Percha. T. XIX, p. 622-624. Paris. En publication. Ladmirault. Ed.

Engineer (The universal). — India-Rubber and Gutta-Percha (a series of articles). T. II. Manchester 1879.

Engineering and Mining Journal. Caoutchouc d'origine minérale. Succédané. Nature 1891. 2e semestre.

Engler (A). — Uber die Gliederung der Vegetation von Usambara, p. 17-55, 1894.

Escamps (H. d'). — Arbres producteurs de Caoutchouc. — Histoire et géographie de Madagascar. Paris, 1884, p. 377 et 507.

Fabroni. — Solubilité du Caoutchouc dans le pétrole rectifié. — Annales de Chimie, 1re série, t. II.

Faidherbe (Le capitaine Brosselard de). — Le Soudan français. — La Sénégambie et la Guinée portugaise. Tour du monde, 2e semestre 1889.

Faraday. — Analyse du Caoutchouc brut d'Amérique. Purification du Caoutchouc brut. The quart. Journal of sciences litterature and arts. T. XXI, p. 19 à 28. Bulletin de la société d'Encouragement. Paris, 1826.

On the use of gutta-percha in electrical insulation, Edimb. New. Phil. Journ. T. XLIV, p. 295-7, 1848.

Faujas de Saint-Fond. — Caoutchouc fossile. Voyage en Angleterre et en Ecosse. Paris 1797. T. I, p. 35.

Fawsitt (Ch.). — Vulcanisation du caoutchouc. Etude spéciale sur l'emploi du chlorure de soufre. Polytechniches Journal de Dingler, 1890. T. 275, p. 331. — Moniteur scientifique de Quesneville 1890.

Vulcanisation du Caoutchouc par la chaleur sèche avec emploi d'un vulcanisateur perfectionné. The Journal of the Society of Chemical Industry. — Moniteur Scientifique de Quesneville. 1893, p. 410-416.

Feichtinger. — Caoutchouc et Gutta-Percha. Dictionnaire de Fehling.

Ferguson (A. M. et J.). — India-Rubber and Gutta-Percha, being a compilation of all the available information respecting the trees yielding these article of commerce and their cultivation, with notes on the preparation and manufacture of Rubber and Gutta-Percha. Colombo et Ceylon, 1887, (2e éd.) Pseudo Gutta-Perchas, or substances supplementary to Gutta-Percha, p. 144-147.

Ferrand. — Une nouvelle variété de caoutchouc. Revue des Scienc. Nat. appl. p. 575, 1892.

The African Rubber Trees, p. 142-143.

Ficalho (Conde de). — Production du Caoutchouc. Plantes utiles de l'Afrique portugaise. Lisbonne, 1884.

Figuier (L.). — Le Caoutchouc et la Gutta-Percha. Les merveilles de l'Industrie. T. II, p. 564. Paris.

Fourcroy. — Etudes sur le lait du caoutchouc. — Annales de Chimie 1re série. T. II.

Fray (le Col). — Les côtes occidentales d'Afrique. — Le commerce du Gabon, p. 374. Paris, 1890.

Fremy. — Encyclopédie Chimique.

Gabor. — L'Est Africain, l'Ouganda; Revue des scienc. app., Bulletin d'acclim. Paris, p. 371, 1894.

Gaertner. — De fructibus et seminibus. Balata, p. 133, tab. CCV, 1805.

Gaillard. — Marché de gomme de Cuidad Bolivar. — Les Bords de l'Orénoque (Bulletin de la Société de Géographie commerciale de Paris. T. IX, p. 354.

Galibert. — Caoutchouquiers de Zighinchor (Sénégambie). — Bulletin de la Société de Géographie commerciale. T. XII, p. 3.

Moniteur s[illegible]ntifique de Quesneville, 1881, p. 10[illegible] 1102.

Guibourt et P[illegible]nchon. — Histoire des Drogues. 6e Ed. T. II, p. 345 et 7e éd. p. 600, 1869.

Guirland (Vict.). — Les lacs de l'Afrique equatoriale. Paris, 1890, p. 37.

Gummi-Zeitung (fusionnée avec Gummi, Gutta-Percha und Asbest-Journal). — Organ fur die gesammten Intressen der Gummi-Branche und anderen Industrien. Dresde. Th. Gampe Ed.

Hall. — Gutta, génie industriel, p. 126, 1864.

Hancock (Th.). — (Firme of. Ch. Macintosch and Cie) Personal narrative of the originand progress of the caoutchouc or India-Rubber manufacture in England. London, 1857.

Harzer (Fréd.). — Manuel du Caoutchouc et de la Gutta-Percha (avec atlas) 2e édit. refondue par H. Keyserling. Weimar, 1864. Voigt Ed.

Hayes (Fréd.). — Gutta-Percha und Kautschuk. Weimar, 1864. Reyberling Ed.

Hayes. — 4me leçon du cours d'agriculture faite à Cayenne le 2 novembre 1892. Moniteur de la Guyane, 1892.

Hebra. — Le Caoutchouc appliqué à la chirurgie. Archiven fur Dermatologie, 1859.

Heckel. — Nouvelle source de Gutta-Percha — Le « Bassia Parkii » et ses produits : Beurre de Karité et Gutta-Percha. La nature, 1885, 2e semestre, p. 325. 370. 405.

Heckel et Schlagdenhauffen. — Sur la véritable valeur des Gutta-Perchas fournies par les Mimusops et les Pagaras (Sapotées). Journal de Pharmacie de Lorraine, 1888. Nancy. La Nature, 2e sem. 1888, p. 170 et 218.

Heinzerling (Dr). — Dic Fabrikation der Cautschuck und Gutta-Percha Waaren. Brunswick, 1883.

Heinzerling et Pahl. — Détermination de l'influence exercée par la présence d'adjuvants minéraux et organiques sur la valeur industrielle du Caoutchouc vulcanisé et de la Gutta-Percha. Verhandlungen zur Befoerderung des Gewerb fleisses in Preussen. Berlin, 1891. p. 351, 1892, p. 25.

Hempel. — Durcissement du Caoutchouc vulcanisé. Berichte der deutschen chemische Gesellschaft 18[illegible] p. 184. Hempel (W.)

Conservation du Caoutchouc vulcanis[illegible] Berliner Berichte, 1882, p. 914. [illegible] Moniteur scientifique de Quesnevil[illegible] 1882, p. 1019.

Henriquès (Dr Rob.). — Contributi[illegible] à l'analyse du Caoutchouc manufa[illegible]turé. Chemisch. Zeitung, 1892. 1595, 1623. 1654. — 1893. p. 6[illegible] 1894, p. 411, 442. Moniteur scien[illegible]fique de Quesneville, 1893, p. 698[illegible] 1894 p. 617.

[illegible]tude sur les factices employés d[illegible] l'industrie du Caoutchouc. Chemi[illegible] Zeitung. Mai 1893, p. 707. — M[illegible]teur scientifique de Quesneville, 1[illegible] p. 706.

Herbst. — La technique du Caoutch[illegible] souple. — Wochenschrift du Nied[illegible] Oesh. Gewerbvercius, 1890, p. 122

Herrera y Tordesillas (Antonio de Histoire générale des voyages et con[illegible] quêtes des Castillans dans les îles e[illegible] terre ferme des Indes Occidentales — Madrid, 1601. (Trad. de la Coste p. 1659, t. I, L. 3. t. III. l. 4.

Herissant et Macquer. — Dissolutio[illegible] du Caoutchouc. Histoire de l'Aca[illegible]demie 1763, p. 49.

Himly. — Distillation du Caoutchouc Annalen der Chemie und Pharmaci[illegible] T. XVI, p. 61, T. XXVII, p. 40.

Hesehus. — Dilatation du Caoutchouc Journal de la société des science[illegible] physiques de Russie, 1884, p. 103.

Hoehnel (D. F. de). — Variétés d[illegible] Caoutchouc et leur classement. Din[illegible]glers Polytechniches Journal, 188[illegible] 1er vol· p. 236.

Hoffer (Raimund). — Kantschuk un[illegible] Gutta-Percha. Vienne, Leipzig Pesth, 1880 et 1892.

Hofmann (A. W.). — Composition [illegible] la Gutta-Percha oxydée. Annalen d[illegible] Chemie und Pharmacie, 1862, p. 2[illegible] 297. — Moniteur scientifique Quesneville, 1862, p. 29.

Horeau (G.). — Note sur la fabricati[illegible] et les applications du Caoutch[illegible] vulcanisé et de la Gutta-Percha s[illegible] date et sans origine.

Houzé d'Aulnoit (Dr). — Expérien[illegible] sur la force élastique des bande[illegible] tubes en caoutchouc par la méth[illegible] des froids. Lille, 1875.

Hooker. — Niger flora, p. 444, 1849

Hooker. J. D. — Die Hauptqu[illegible]

utta-percha des Handels, Reon the progress of the Royal Gar- Kew, 1881. — On the Castilloa ca of cervantes and some allied er-Yielding Plants. Transactions Linnean Society of London. embre 1885.

n. (J.). — Some account of gum-wine of Prince of Wales , Asiatic researches. T. V. , 1798.

rey. — Emploi des pétroles le dissolvants du caoutchouc la vulcanisation au chlorure de en place du sulfure de car- Scientific. American. — Mo- scientifique de Quesneville, p. 497.

(F. et T.). — Caoutchouc Action du Chlore sur le Caout- Bayrisches Kunst und Gewerbe- 1865, p. 273. Bulletin de la é chimique. 1865. T. IV, p. 232.

berichte de Berzelius. — Du chouc. 8e année, p. 346.

(Dr). — La Gutta-Percha à Ma- car. Bibliothèque du musée ial. Dossier 17.

Lt). — De Koulikoro à Tom- ou. Revue maritime et colo- février 1892, Jamin.
tchouc appliqué à la chirurgie el de petite chirurgie.

. — 4 années au Congo. Paris,

(Ed.). — Herborisation sur la occidentale d'Afrique, Nouv. marit. 1845-1848.
sur la flore du Gabon. P. 68. 1891.

Botanique de Kew. — Re- hes sur l'Isonandre Gutta, 1887.

sey. — La Nouvelle-Calédonie ole, nature minéralogique et gique du sol. Paris, 1894. A. amel éd.

. — Méthode du calcul des ré- ces spécifiques. Cantor lectures.

Rubber, World and Electrical es Review. — Années 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11. New-Yorck. C. Pearson Ed.

Rubber, Gutta-Percha and rical Trades Journal. — Années 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. Lon- Herbert Standring and Co Ed.

et Thomson. — Elasticité du Caoutchouc. Annalen der Chemie und Pharmacie, T. LII, p. 127.

Journal officiel de la République française. — Madagascar et ses produits forestiers. — Le Caoutchouc. 21 juin 1891.

Juliaans (Arnold) Thèse inaugurale. — De Resina elastica Cajennensi Trajecti ad Rhenum (Utrecht) 1780. A. V. Paddenburg. Ed.

Isthme de Panama. — Climatologie de la Colombie. Bulletin de la Société de Géographie commerciale. T. X. p. 751.

Iungfleisch. — Méthode rationnelle d'extraction de la Gutta-Percha des feuilles de Palaquium. Bulletin de la Société d'encouragement, octobre 1892, p. 709.

Kassner (G.). — Plantes à Caoutchouc de l'Allemagne. Archiv. de Pharmacie, 1886. DCCXXIV, p. 97. — Polyt. Journal de Dingler, 1887. 3 vol. p. 258.

Kew. Jardin (de). — Index Kewensis Plantarum Phanerogamicarum ; fas. III. p. 27 ; 1894.

King (Dr Geo). — Rapport du Royal Botanical-Garden Calcutta, 1880-1881.

Kisling (R.). — Essai technique des marchandises en Caoutchouc vulcanisé. Chemische Industrie, 1888. T. XXI, p. 217. — Bulletin de la Société d'encouragement, 1889. — Dingler 1888. 1 vol. p. 376.

Knight's. — English Cyclopoedia. T. III. India Rubber.

Kohlrausch. — Coefficient de dilatation du durci. Annales de Poggendorf, 1849, p. 577.

Kotschy. — Plantae Tinneanae. T. A. 1867.

Kurtz. — Forest Flora of. British Burma. T. II, p. 184, Calcutta, 1877.

Laboulaye. — Le Caoutchouc et la Gutta-Percha. Dictionnaire des arts et manufactures et de l'agriculture.

Lacondamine et Fresnau. — Découverte de l'Hévéa (Arbre à Caoutchouc). Histoire de l'Académie, 1751, p. 319.

Lamark. (de). — Encyclopédie Method. suppt. 1783-1817 ;
Tableau encyclopédique et méthodique des trois règnes de la nature, Botanique, Illustration des genres, tab. CLXIX 1791-1823.

Lami. — Caoutchouc et Gutta-Percha.

Dictionnaire des arts et manufactures. Paris. T. II p. 182, 1882.

Lannessan (de). — Flore industrielle de nos colonies. Annexe aux notices coloniales publiées à l'occasion de l'exposition universelle d'Anvers, 1885, Imprimerie Nationale, 1886.

Lartigue. — Archives de médecine navale, 1870.

Laslett. (Th.). Timber and Timber-Tree, native and foreing, London 1875.

Leboucher (direc.eur de l'intérieur). Circulaire à MM. les Commandants et Chefs de poste des environs de St-Louis et du fleuve. Terminologie indigène des arbres à Caoutchouc du Sénégal en Onolof, en Poular et en Bambara. Voir Bibliothèque du Musée colonial. (Caoutchouc et Gutta-Percha).

Leroux. — Sur quelques. observations concernant la porosité du Caoutchouc. Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris. T. LXIII, p. 917 (26 novembre 1886).

Leroy. — Liane à caoutchouc. Rev. des Scienc. nat. appl. T. I p. 432, 1890.

Levy (Ad). — Monographie du Caoutchouc. Moniteur scientifique de Quesneville, 1883, p. 211.

Lequin. — Rapports sur l'exp. univers. de 1889, Chap. IV, 1889.

Lindley's. — Végétable Kingdom. India Rubber, Gutta-Percha.

Livingstone. D. Ch. — Exploration du Zambèse et ses affluents. Paris, Hachette, p. 30, 1866.

Lobry de Bruyn. — Des conditions à exiger du Caoutchouc manufacturé. Chemiker Zeitung, 1894, p. 616. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1894, p. 616.

Lobry de Bruyn et F. H. Van Leent. — Etudes sur les Caoutchoucs manufacturés. Chemiker Zeitung, 1894, p. 309. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1894, p. 613-616.

Lock (Warnford). — Notes of. Gums, Resins and Waxes. Journal of the Society of Arts.

Loenen (de). — Rapport du comité 27 de l'exposition internationale de Chicago, 1893, 1894. Imprimerie nationale.

Loos (Dr. de). — Caoutchouc en Gutta-Percha. Beschr. Catalogus van het Kolonial Museum Harlem.

Lowe. — Caoutchouc de Bornéo. S rawack, ses habitants et ses produi Londres, 1848.

Lugard. — Tropical agriculturist, V XIII, n° 8, 1894.

Lumière électrique. — Caoutchouc Gutta-Percha de l'Orénoque, 189 T. XLIV, 1892. (D'après l'Electric Egineer de New-York.)

Caoutchouc des Amazones (d'après Scientific American Journal. Suppt 19 mars 1892.)

Maclayan. M'Gregor. — Gutta-perch a peculiar variety of caoutchou Pharmac. Jonen. p. 472, 73, 1846.

Macquer. — Action de l'éther sur Caoutchouc. Histoire de l'Académi 1768, p. 210.

Magalhaens. — India Rubber (Gomm à effacer le crayon). Histoire de l'Ac démie. Paris, 1775, p. 16.

Maigne. — Le Caoutchouc, la Gutt Percha et les Gommes factices. E cyclopédie Roret, 2 vol. Paris, 1880

Makintosch. — Dissolution du Caou chouc dans l'huile du Goudron houille et son application sur l étoffes pour les imperméabilise Bulletin de la Société d'Encour gement, T. XX, p. 309.

Mann (Gust.). — Charduar Rubb Plantation in Assam. Assam-Fore report for 1873. p. 80-114. (Ind Agriculturist).

Marche. — Luçon et Palouan. Pari 1887.

Mariani. — Essai de la qualité Caoutchouc vulcanisé. Génie civ 1894, 30 juin, p. 142.

Markham (Cl. R.). — Culture du caou chouc dans les Indes britanniques. I ruvian Bark, p. 441-466. — Journal the Society of arts, 1876, p. 475, 482.

Marois. — Le caoutchouc et ses v riétés. Rev. des Sc. nat. appl. 1892

Marquard. — Gutta-percha, chemic news. p. 191, 1866.

Martin. — Le durci. Dictionnaire Chimie Industrielle de Barreswil A. Girard.

Marval (Irmaos). — New Process. proparing Rubber « Mangabeira rubber Swited to Ceylon. Bahia, aoû 1885. Voir Ferguson's Compilatio p. 132.

Purification de la Gutta-
le chloroforme. Archives
cie. T. CXXXIX, p. 31.

1.). — Relation. Le Bassin
et du Benué. Plantes à
. Bulletin de la Société de
commerciale. T. III.

et de Lens (A J.). —
de matières médicales et
tique, p. 432, 1837.

.e Boa végétal. Le Congo
. Bruxelles, 1888.

Ponts militaires, 1861.

Estrey). — Le caoutchouc
. Rev. des Sc. nat. app.
, 1879.

tion des agents atmosphé-
le Caoutchouc. Journal of
il Society (2). T. III, p. 273.

Balata, Flora Braziliensis.
1. 1840.
de l'hydrogène sulfuré,
i soufre contenu dans le
vulcanisé. Annales de
e, 15 avril et 15 mai 1889,

— Le Congo et son com-
let de la Soc. Roy. de
vers, p. 277, 1886.

. — Voyage anx Philip-
malaise. Paris, 1886.

ie (W.). — Magazine of
5.
the introduction of gutta-
England. Pharm, Journ.
47.

(Thèse inaugurale de). —
uc. Origines botaniques,
récolte. Paris, 1884.

echerches sur l'Isonandra
inges divers de la Gutta-
Bornéo. Natuurkundig-Tij-
r Nederl. Indie. T. XXI,

chouc (Urceola Elastica.)
Journal botanique de Kew.
7, 285.

n). Litterarische Nach-
die Kautchuk Vahea
ben Afrika, Zeitschr. des
h. Apoth. Vereins p. 434,

elamerikan. Kautschuk-
r. T. XXXV. p. 225, 1885.

Composition de la Gutta-
commerce. — Gutta-Per-
Journal der Chemische
. T. III, p. 273.

Murton. — Die gutta-percha liefernden Pleanzen der malaïchen Halbbinsel Bot. Jaheresb. T. II, 1880.

Murray. — Apparatus medicaminium. T. IV. p. 176, .787.

Muspratt. — Le Caoutchouc et la Gutta-Percha. Encyclopédie de la chimie technologique. Brunswick, 1880. T. III, p. 876, 1655.

Naudin. — Rapport sur les arbres prod. du Caoutchouc et de la Gutta-Percha. Bulletin du Ministère de l'Agriculture. N° 8, p. 952. (7me année).

Nawratil (A.). — L'Hellenite. Caoutchouc fossile. Polytechniches Journal de Dingler. T. CCXLVIII, p. 513. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1884, p. 511.

Neer de Eisenbeck Clamor Marquart. — Analyse du caoutchouc. Du Ficus elastica. Annalen der Chemie und Pharmacie. T. XIV, p. 43.

Nic' lès. — Procédé perfectionné de vulcanisation du caoutchouc. Polyt. Journal de Dingler. CXVII, p. 143.

Nilgiri-Express. — The India-Rubber Tree (Castilloa Elastica). Ferguson's Compilation, p. 151-154.

Noury. (Dr). — Contrib. à la flore de Sénégambie et du Foutah-Djallon. Arch. de méd. navale. T. I. p. 309, 1889.

O'Connor Sloane. — Rubber Handstamps and the manipulation of Rubber. New-York, 1891.

Ogier (Louis). — Notice sur la fabrication et l'emploi du Caoutchouc. Paris, 1875.

Olivier. — Hookers icones plantarum, 3 série, Vol. III, p. 22, tab. MCCXXVIII ; 1877-1879.

Ordinaire (Oliv.). — Voyage à travers l'Amerique du Sud : de Callao à Belens. Bulletin de la Société de Géographie commerciale. T. XVIII, p. 387 (1885-1886).

Oudemans. — Gutta, Fluavil, Albanc. Repert. de chimie appliquée. Paris, 1858-1859.

Oxley (Dr). — Recherches sur l'Isonandra Gutta, son produit et son traitement par les indigènes. Description de l'arbre à Gutta-Percha. Mechanic-Magazine. Mars, 1847. Edimbourg. Polytech. Journal de Dingler. T. CVIII, p. 388.

Le Parameria glandulifera (Tuchung des Chinois). — Nouvelle source du

Tschirch. — Indische Heil und Nutz Pflanzen, Berlin, Gaertner, arbres à caoutchouc de Java 1892.

Turgan. — Le Caoutchouc. Les grandes industries de France. T. VIII, p. 190. Paris, 1871.

Turgot. — Observations sur une espèce de résine élastique de l'île de France. Académie des Sciences, 1769.

Universel Ingineer. — A Serie of articles. India Rubber and Gutta-Percha. Manchester, 1879.

Unger. — Analyse du Caoutchouc vulcanisé. Zeitung fur analytische chemie. 885. p. 175. — Dingle Polyt. Journal de Dingler, 1885, 2e vol. p. 368.

Ure. — India Rubber. Dictionnary of Arts manufactures and Mines. T. I. London, 1867.

Vaissière (Le P. de la). — Export. du Caoutchouc à Madagascar. 20 ans à Madagascar, d'après les notes du Père Arbinal. — Paris, 1885, p. 330.

Vergé (P. du). — Echanges à Madagascar. Bulletin de la Société de Géographie commerciale de Paris, T. X, p. 63.

Virey. — Q. q. s. plantes à caoutchouc. Bullet de pharmacie, 1814.

Vladimiroff (V.). — Appréciation de la qualité du caoutchouc vulcanisé. Génie civil. 1892, T. XXV, p. 127.

Vlasto (E.). — L'industrie des câbles sous-marins. Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. Mars 1891.

Vogel (E. D.). — Reise nach. Central Africa. Mittheilungen aus Justus Pérthes geographischen Anstalt, etc. p. 167, 1856.

Vriese (de). — De Handel in Getah Pertja. Botanic Journal, Londres, 1848.
Recherches sur l'Isonandra Gutta. Tuinbow flora. 1856. T. III, p. 201.
Antekenigen bettrefende Getah-Pertja-Boomen (Sapoteen) von zuide ostelijk Naar annleiding von ontdekingen von J. Motley, Nat Tydsch. Dc. XXI; 1859.

Voisin (Phil.). — Essais de plantation en pépinière à la Guyane française (20 janvier 1882). Bibliothèque du Musée colonial. Dossier 23.

Wagner et Gauthier. — Le Caoutchouc et la Gutta-Percha. Chimie industrielle. T. II, p.394.

Wallenstein (F.). — La Dermatine de Maximilien Zingler. Allgemeine Asherreichischen Chemiker et Techniker Zeitung, 1892. N. 4. — Glaser's Annalen. 1 septembre 1893. - Polyt. Journal de Dingler. 1894, 2e vol. p. 302.

Watson Smith. (**Trad. Bourcart**). — Nouvelle source de Gutta-Percha. (Gutta Sundeck). Journal of the Society of chemical industries. — Moniteur scientifique de Quesneville, 1886, p. 292.

Wauters. — Le Congo au point de vue économique, p. 60 et 192, 1885.

Weber (**Karl Otto**). — Vulcanisation du Caoutchouc. Journal of the Soc. of Chemical Industrie. 1891, p. 11.
Des factices. Chemiker. Zeitung. 1894, p. 55.

Webster (D.). — Spreech in the great India Rubber suit. head ad Trenton, New-Jersey (Mars 1892.) Charles Goodyear being plaintif. New-York et Philadelphia, 1852. And Horace H. Day defendant.

Weddel. — On the extraction of caoutchouc, Pharm. Journ. T. XV, p. 116-117, 1855.

Westeronen Van Meesteren (F. W). Caoutchouc et Balata. La Guyane Néerlandaise. — Leide, 1883. J. Brill. Ed.

Westmark (Th.). — Récolte du Caoutchouc, Sénégal et Sierra-Leone (Bulletin de la Société de Géogr. commerciale de Paris, T. X.

Wiesner (Dr J.). — Caoutchouc et Gutta-Percha. Die Rohstoffe des Planzenreichs. Leipzig, 1873.

Williams (G.). — On Isoprène and Caoutchouc. Royal Proceding, T. X, p. 516-19, 1859.

Wray (L.). — Gutta producing trees, Journ. of. Straits Branch of the Royal Asiatic Society, Singapoore, 1883-4.

Wright. — Action de l'ozone sur le caoutchouc. Bulletin de la Soc. Chimique. T. XVIII, p. 438.

Wunschendorff. — Traité de Télégraphie sous-marine. — La Gutta-Percha au point de vue de la télé, graphie sous-marine. Paris, 1888-Baudry.

Wurtz. — Caoutchouc. Dictionnaire de Chimie pure et appliquée. T. I, p. 726-733. Paris, Hachette ed. 1860.

Gutta-Percha, ibid. T. III, p. 1646-1650. Caoutchine. Isoprène ibid. Supplément 1884. 1er T. et 2e T.

Zulkowsky. — Action du Gaz de la houille sur le Caoutchouc. Zeitschrift des Maehrischen Gewerbvereins 1671. p. 186. — Moniteur Scientifique de Quesneville, 1871, p. 91. Deutsche Chemische Gesellschaft. T. V, p. 750 — Bulletin de la Soc. Chimique de Paris. T. XVIII, p. 520.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

LE CAOUTCHOUC

DEUXIÈME PARTIE

LA GUTTA-PERCHA

ERRATA

Page		ligne		Au lieu de		lisez
Page	3.	ligne 29,	Au lieu de	: V. Edas,	lisez	: Valdas.
»	8.	» 19,	»	: Hancoke	»	: Hancok.
»	11.	» 5,	»	: protoplasme	»	: protoplasma.
»	11.	» 6,	»	: solitaire	»	: solidaire.
»	18.	19	Intervertir les figures 5 et 6.			
»	28.	» 13,	»	: subealcrata	»	: subcalcrata.
»	28.	» 29,	»	: Diauder	»	: Dinander.
»	28.	» 37,	»	: hendelotti	»	: heudelotti.
»	30.	» 23,	»	: anrodendron	»	: anodendron.
»	30.	» 15, 27, 40,		: Liberville	»	: Libreville.
»	40. (1)	» 6,	»	: id		id
»	56.	» 20,	»	: Weser	»	: Waser.
»	99.	» 3 du bas		: es	»	: les.
»	100.	» 25,	»	: amianthe	»	: amiante.
»	136.	» 4,	»	: batis	»	: bati.
»	143.	» 19,	»	: la précédente	»	: la feuille précédente.
»	154.	» 24,	»	: l'année dernière	»	: en 1893.
»	164.	» 9,	»	: moins	»	: plus.
»	156.	» fig. 42.	Légende	: de la vapeur	»	: par la vapeur.
»	178.	» 3 et 4.	»	: deux d'hydrocarbures		deux hydrocarbures.
»	183.	» 1,	»	: ininterrompu	»	: interrompu.
»	183.	» 6,	»	: 1,3	»	: 2,3.
»	183.	» 26,	»	: élevée	»	: élevé.
»	199.	» 17,	»	: concernant sur	»	: concernant.
»	326.	» figure	»	: 56	»	: 56 bis.
»	210.	» 2 3,	»	: elevèlent	»	: élevèrent.
»	217.	» 16,	»	: acide	»	: acides.
»	220.	» 38,	»	: Coteck	»	: coke.
»	234.	» 18,	»	: composées oxyde		: composées d'oxyde.
»	240.	« 1,	»	: Hisling	»	: Kisling.
»	243.	» 44,	»	: NH^3	»	: $Az H^3$.
»	243.	» 39,	»	: Na HO	»	: Na oH.
»	315.	» 28,	»	: Ballard	»	: Balard.
«	316.	» 37,	»	: Walter Breit	»	: par Walter Breit.
»	325.	» 32,	»	: Brakude St-Pol	»	: Brau de St-Pol.
»	329.	fig. 57,	Légende	: Palaquium	»	: Dichopsis.
»	334.	» 6,	»	: Rioun	»	: Riouw.
»	373.	» 50.	»	: Kotaringi	»	: Kotaringin.
»	379.	» 17,	»	: Wunschendorf	»	: Wunschendorff.
»	384.	» 36,	»	: meghoms	»	: megohms.
»	397.	» 14,	»	: propos	»	: à propos.

Imprimerie DESTENAY, Bussière frères. Saint-Amand (Cher).

TABLE DES FIGURES

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

BIBLIOTHÈQUE ÉLECTROTECHNIQUE

Ier volume : **Manuel d'Électricité industrielle**, par C. Tainturier, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume de 500 pages, 215 fig. dans le texte. Prix, broché . . . . 6 fr. »»
Cartonné . . . . 6 fr. 50

IIe volume : **L'Électro-Aimant et l'Électro-Mécanique**, par Silvanus P. Thompson, traduit de l'Anglais par E. Boistel, Ingénieur-électricien. 1 volume, 575 pages, 221 figures dans le texte. Prix, broché . . . . 10 fr. »»
Cartonné . . . . 10 fr. 75

IIIe volume : **Les applications mécaniques de l'Energie électrique.** Utilisation mécanique de l'énergie électrique des réseaux de distribution pendant la journée. Renseignements pratiques sur l'installation et l'exploitation, par J. Laffargue, ancien directeur de l'Usine municipale d'Électricité des Halles Centrales de la ville de Paris, licencié ès sciences physiques, Ingénieur-électricien. 1 volume de 325 pages et 320 figures dans le texte. Prix, cart. . . 6 fr. 50

IVe volume : **Les applications mécaniques de l'Energie électrique**, par J. Laffargue, 2e partie. — **Installations particulières.** Utilisation mécanique de l'énergie électrique par installations séparées. Applications diverses dans les usines, dans les mines, dans la marine, à la campagne. Renseignements pratiques sur l'installation et l'exploitation (*Sous presse*).

V^e^ volume : **Les Transformateurs d'énergie électrique**, par P. Dupuy, Ingénieur-électricien, 1 volume, 450 pages et 150 figures dans le texte. Broché . . . . 7 fr. »»
Cartonné . . . . 7 fr. 50

VIe et VIIe volumes : **La Dynamo**, par Hawkins et Wallis, 2 volumes in-8° écu, 400 pages chacun et nombreuses gravures dans le texte. Traduit de l'Anglais par E. Boistel. Brochés . . . . . 15 fr. »»
Cartonnés . . . . 16 fr. 50

VIIIe volume : **Les Moteurs électriques**, par G. Dumont et J. Laffargue, Ingénieurs-électriciens, licenciés ès sciences. 1 volume d'environ 350 pages et nombreuses gravures dans le texte (*Sous presse*).

IXe volume : **La Traction électrique**, par G. Roux, Ingénieur-électricien. 1 volume d'environ 300 pages et nombreuses gravures dans le texte (*En préparation*).

X^e^, XIe, XIIe volumes : **L'Eclairage électrique. — Traité pratique de montage et de conduite des installations d'éclairage électrique**, par François Miron, Ingénieur-électricien (*Sous presse*).

OUVRAGES DIVERS

Memento de l'Électricien, par C. Tainturier, Ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume in-32, format de poche. Cart. . 1 fr. 50

L'Ouvrier Électricien (Guide manuel pratique de), par H. de Graffigny. 1 vol. 325 pag. et 144 grav. dans le texte. Prix, broché, 4 fr. »»
Cartonné . . . . 4 fr. 50

Le Caoutchouc et la Gutta-Percha. Histoire naturelle, production, propriétés chimiques, physiques, mécaniques, applications. 1 fort volume in-8° raisin, d'environ 500 pages, nombreuses gravures dans le texte et une carte, par Th. Seeligmann ❶, Chimiste industriel, Lamy, fabricant de caoutchouc et H. Falconnet ❶, Ingénieur des Arts et Manufactures. Prix, br. . . . . 15 fr. »»

Les alliages métalliques, par A. Ledebur, Professeur de métallurgie à l'École des mines de Freiberg. Traduit de l'allemand par Th. Seeligmann ❶, Chimiste industriel, 1 vol. de 216 p. Prix. . 4 fr. »»

Le Fer et l'Acier, par A. Ledebur. Traduit de l'Allemand par Th. Seeligmann ❶. 1 volume d'environ 220 pages (paraîtra incessamment). Prix . . . . 4 fr. »»

Les Machines à vapeur. Manuel pratique à l'usage de l'ingénieur et du constructeur, par H. Haeder, Ingénieur. Traduit de l'Allemand et annoté par Schrœter, Ingénieur. 1 vol. d'environ 550 pages avec 1 750 figures dans le texte et 242 tableaux (*Sous presse*).

SAINT-AMAND (CHER). — IMP. DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES